



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA
ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRÍZ

TEMA: “ANÁLISIS DE LA FALLA ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN
MONOPLAZA TIPO KART MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS”

AUTORES: CEVALLOS MIÑO, JUAN FRANCISCO

GARCÉS ESPINOZA, CRISTIAN OMAR

DIRECTOR: ING. CRUZ ARCOS, GUILLERMO MAURICIO

LATACUNGA

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“ANÁLISIS DE LA FALLA ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN MONOPLAZA TIPO KART MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS”** realizado por los señores: **CRISTIAN OMAR GARCÉS ESPINOZA** y **JUAN FRANCISCO CEVALLOS MIÑO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos técnicos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **GARCÉS ESPINOZA CRISTIAN OMAR** y **CEVALLOS MIÑO JUAN FRANCISCO** para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, Diciembre del 2018

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Mauricio Cruz', is written over a horizontal line. The signature is enclosed within a hand-drawn oval shape.

ING. MAURICIO CRUZ

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **GARCÉS ESPINOZA CRISTIAN OMAR**, con cédula de ciudadanía C.C.: 172137771-9 y **CEVALLOS MIÑO JUAN FRANCISCO**, con cédula de ciudadanía C.C.: 100373739-0, declaramos que este trabajo de titulación, “**ANÁLISIS DE LA FALLA ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN MONOPLAZA TIPO KART MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Latacunga, Diciembre del 2018

**GARCÉS ESPINOZA
CRISTIAN OMAR**

C.C.: 172137771-9

**CEVALLOS MIÑO
JUAN FRANCISCO**

C.C.: 100373739-0



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **GARCÉS ESPINOZA CRISTIAN OMAR**, con cédula de ciudadanía C.C.: 172137771-9 y **CEVALLOS MIÑO JUAN FRANCISCO**, con cédula de ciudadanía C.C.: 100373739-0, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el presente trabajo de titulación, “**ANÁLISIS DE LA FALLA ESTRUCTURAL DEL CHASIS DE UN MONOPLAZA TIPO KART MEDIANTE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**”, cuyas ideas, contenido y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, Diciembre del 2018

**GARCÉS ESPINOZA
CRISTIAN OMAR**

C.C.: 172137771-9

**CEVALLOS MIÑO
JUAN FRANCISCO**

C.C.: 100373739-0

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado a mis padres Omar Garcés y Karina Espinoza que con esfuerzo y dedicación han sabido guiarme, apoyarme y entenderme ante cualquier situación, han realizado un trabajo digno y relevante conmigo, son los mejores.

Solo quiero decir a las siguientes generaciones de mi carrera que cuando tienes sueños, metas, las planificas, estructuras y ejecutas para culminar tu objetivo.

Debemos entender que no hace falta estar en el lugar indicado, o tenerlo todo en la vida, proyéctate a lo que quieres para ti y si de verdad lo quieres, llegará en el momento indicado, ten paciencia y sé proactivo.

Cristian Omar Garcés Espinoza

DEDICATORIA

A mi madre Gina, por el ejemplo de superación y dedicación que cada día me inspira a ser un profesional capacitado, con principios y valores.

A mi padre Plutarco, por el apoyo incondicional en cada momento de mi formación académica, demostrando que la humildad y la responsabilidad demuestran además de la preparación el valor que tiene una persona y su aporte en la sociedad.

A mis hermanos, por ser el motivo principal de lucha ante los tropiezos de la vida, sin olvidar que nuestra meta es demostrar al mundo que la unión hace la fuerza.

A los docentes y compañeros estudiantes, la familia Automotriz quienes brindaron las mejores experiencias en esta etapa de la vida.

Juan Francisco Cevallos Miño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, no somos nadie y no llegamos a ningún lado sin la presencia del señor, agradezco a la vida, al destino, a mi grandiosa familia, a mis hermanos Mario y Mateo, a mis abuelos Mario y Gloria, a mis tíos Darwin y Jacqueline que han sabido guiarme desde el ámbito profesional, a mis formadores académicos, mis grandes amigos, mi novia y fiel compañera en esta recta final, Sabrina, son personas que llevo en el corazón, todos los que me rodean son parte fundamental de mi vida y de manera oportuna han aportado en mi formación académica.

Es grato para mi agradecer a la institución, me siento orgulloso de haber culminado mi carrera en una de las mejores Universidades del país, tengo la certeza que a donde vaya dejaré el nombre de la ESPE en alto.

Cristian Omar Garcés Espinoza

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a mi familia, por ser los promotores de los sueños y confiar en los frutos cosechados, además del apoyo brindado en todo momento y lugar, sobre todo en los tropiezos y las malas decisiones.

Agradezco a mis compañeros de viaje, los cuales cada semana brindaban una sonrisa con cada kilómetro recorrido, confirmando en cada trayecto el compromiso que tenemos con los nuestros de cumplir los objetivos planteados.

Doy gracias al apoyo incondicional durante mi carrera, mi mejor amiga y confidente Karu, sin tu apoyo no lo hubiera logrado tan pronto.

Agradezco a todos los docentes, quienes supieron compartir sus conocimientos y experiencias, siempre motivando y formando de tal forma que la institución mantenga el reconocimiento como una de las mejores, con el aporte de Ingenieros Automotrices que salen a contribuir con el desarrollo del país.

Juan Francisco Cevallos Miño

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I.....	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación e importancia.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Área de influencia.....	4
1.5. Descripción resumida del proyecto.....	5
1.6. Metas.....	6
1.7. Hipótesis.....	7

CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Conceptos generales.....	8
2.1.1. Introducción al karting.....	8
2.1.2. Historia del karting.....	9
2.1.3. Concepto de Go-Kart.....	9
a. Características.....	9
2.1.4. Componentes principales de un Go-kart	10
a. Carrocería.....	10
b. Chasis.....	11
c. Aros y Neumáticos.....	15
2.1.5. Sistemas que conforman el Go-kart	21
a. Sistema de Dirección.....	21
b. Sistema de frenos.....	25
c. Sistema de Alimentación	27
2.2. Normas para diseño	32
2.2.1. Cargas.....	33
2.3. Criterios de diseño.....	38
2.3.1. Factor de seguridad.....	38
2.4. Materiales.....	39
2.5. Ensayos.....	41
2.5.1. Tipos de ensayo	41
a. Destructivos.....	41
b. No Destructivos	42
2.5.2. Normas para Ensayos no Destructivos.....	46

2.5.3. AWS D1.1, sección 6.14.5.....	46
2.5.4. AWS D1.1, sección 6.10.....	46
2.5.5. AWS B1.10. Tabla 7.....	47
2.5.6. ASTM E165.....	47
2.5.7. ASTM E1220.....	49
2.5.8. ASTM E433.....	49
2.5.9. ASTM E797.....	49
2.6. Modelado geométrico.....	50
2.6.1. Software para el modelado.....	50
2.6.2. Módulos.....	51
a. Pieza.....	51
b. Ensamblaje.....	51
c. Dibujo.....	52
2.7. CAE.....	52
2.8. Análisis.....	52
CAPÍTULO III.....	54
3. METODOLOGÍA DE DISEÑO.....	54
3.1. Diseño del bastidor.....	54
3.2. Diseño.....	54
3.3. Selección de alternativas.....	59
3.4. Modelado.....	61
3.5. Cálculos de Cargas.....	64
3.5.1. Estático.....	64
3.5.2. Dinámico.....	65

3.6. Análisis	66
3.7. Simulación	72
3.7.1. Análisis de simulación	73
3.8 Construcción.....	76
CAPÍTULO IV	80
4. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	80
4.1. Inspección visual (VT)	80
4.2. Medición de Espesores por Ultrasonido Industrial (UT)	84
4.3. Inspección por Líquidos Penetrantes (PT).....	95
4.4. Análisis por vibraciones	102
4.5. Análisis de datos	110
CAPÍTULO V	112
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
5.1. Conclusiones	112
5.2. Recomendaciones	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Competencia karting.....	8
<i>Figura 2.</i> Monoplaza Tony Kart	10
<i>Figura 3.</i> Elementos de la carrocería.....	11
<i>Figura 4.</i> Bastidor de go-kart	12
<i>Figura 5.</i> Bandeja a) plástica (Izq.) y b) aluminio (Der.)	13
<i>Figura 6.</i> Pedal de acelerador	13
<i>Figura 7.</i> Barra frontal.....	14
<i>Figura 8.</i> Barra posterior.....	14
<i>Figura 9.</i> Barras laterales	15
<i>Figura 10.</i> Barras de torsión	15
<i>Figura 11.</i> Aros go-kart.....	16
<i>Figura 12.</i> Neumáticos MOJO D2.....	17
<i>Figura 13.</i> a) Neumáticos asfalto seco, b) húmedo y c) nieve.....	17
<i>Figura 14.</i> Rotax 125 max DD2 EVO.....	18
<i>Figura 15.</i> Asiento plano trasero OTK	19
<i>Figura 16.</i> Cable de acelerador o freno	20
<i>Figura 17.</i> Cañerías y empalmes de freno.....	20
<i>Figura 18.</i> Sistema de dirección	21
<i>Figura 19.</i> Volante OTK.....	22
<i>Figura 20.</i> Columna de dirección KF-KZ 470 mm.....	22

<i>Figura 21.</i> Tirante sterzo 190mm.....	23
<i>Figura 22.</i> Joinbal.....	24
<i>Figura 23.</i> Mangueta OTK.....	24
<i>Figura 24.</i> Escape Rotax 2T.....	25
<i>Figura 25.</i> Componentes del sistema de frenos.....	26
<i>Figura 26.</i> Carburador Rotax.....	27
<i>Figura 27.</i> Tanque de combustible 8.5 litros.....	28
<i>Figura 28.</i> Rodamientos de apoyo para ejes de transmisión.....	29
<i>Figura 29.</i> Catarina, piñón y cadena.....	30
<i>Figura 30.</i> Porta catarina MG D.40.....	30
<i>Figura 31.</i> Piñón de transmisión.....	31
<i>Figura 32.</i> Cadena de transmisión.....	31
<i>Figura 33.</i> Galgas.....	43
<i>Figura 34.</i> Lupas.....	43
<i>Figura 35.</i> Limpiador.....	43
<i>Figura 36.</i> Penetrante.....	44
<i>Figura 37.</i> Revelador.....	44
<i>Figura 38.</i> Yugo magnético.....	44
<i>Figura 39.</i> Medidor de espesores por ultrasonido.....	45
<i>Figura 40.</i> Esquema aparato radiográfico rayos X.....	46
<i>Figura 41.</i> Módulos del CAD.....	51
<i>Figura 42.</i> Chasis de un go-kart maranello RS12.....	54
<i>Figura 43.</i> Placa de especificaciones de producción.....	59

<i>Figura 44.</i> Bosquejo del diseño.	61
<i>Figura 45.</i> Módulo pieza	61
<i>Figura 46.</i> Sistema MMGS	62
<i>Figura 47.</i> Vistas del módulo	62
<i>Figura 48.</i> Croquis 3D de la estructura principal.....	62
<i>Figura 49.</i> Modelado de la base en 3D del croquis.	63
<i>Figura 50.</i> Modelado Total del Bastidor.....	63
<i>Figura 51.</i> Selección de material en el CAD	63
<i>Figura 52.</i> Selección de tipo de análisis	67
<i>Figura 53.</i> Sujeciones de geometría fija	67
<i>Figura 54.</i> Aplicación de carga muerta M1.	70
<i>Figura 55.</i> Aplicación de carga muerta M2.	70
<i>Figura 56.</i> Aplicación de carga de giro G	71
<i>Figura 57.</i> Aplicación de carga viva (V)	71
<i>Figura 58.</i> Mallado.....	72
<i>Figura 59.</i> Tensiones.....	74
<i>Figura 60.</i> Desplazamiento.....	75
<i>Figura 61.</i> Factor de Seguridad.....	75
<i>Figura 62.</i> Medidor de espesores por ultrasonido 45MG.....	85
<i>Figura 63.</i> Calibración del medidor de espesores	86
<i>Figura 64.</i> Probeta de calibración del transductor	87
<i>Figura 65.</i> Escala de la probeta de calibración de 6.25mm a 25mm	87
<i>Figura 66.</i> Calibración de menor medida en el rango de la probeta.	87

<i>Figura 67.</i> Calibración de mayor medida en el rango de la probeta.	88
<i>Figura 68.</i> Distribución de puntos de medición tubos de 1 ¼ de pulgada	89
<i>Figura 69.</i> Distribución de puntos de medición tubos de ¾ de pulgada	89
<i>Figura 70.</i> Promedio de espesor en el punto A1 (2.05).	92
<i>Figura 71.</i> Promedio de espesor en el punto A2 (1.96).	92
<i>Figura 72.</i> Promedio de espesor en el punto A3 (2.05).	93
<i>Figura 73.</i> Promedio de espesor en el punto A4 (2.01).	93
<i>Figura 74.</i> Promedio de espesor en el punto A5 (2.05).	93
<i>Figura 75.</i> Promedio de espesor en el punto B1 (1.55).	94
<i>Figura 76.</i> Promedio de espesor en el punto B2 (1.60).	94
<i>Figura 77.</i> Promedio de espesor en el punto B3 (1.56).	94
<i>Figura 78.</i> Distribución de puntos de evaluación	95
<i>Figura 79.</i> Acondicionamiento de la superficie.	97
<i>Figura 80.</i> Aplicación del penetrante.	98
<i>Figura 81.</i> Aplicación del removedor.	99
<i>Figura 82.</i> Aplicación del revelador.	100
<i>Figura 83.</i> Punto de evaluación.	102
<i>Figura 84.</i> Medidor de vibración PCE-VM 5000	103
<i>Figura 85.</i> Sensor de vibración VB-83.....	104
<i>Figura 86.</i> Diagrama de unidades	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Diámetros y espesores más utilizados</i>	29
Tabla 2 <i>Peso Total para la Carga muerta</i>	34
Tabla 3 <i>Velocidades, radios mínimos y peraltes en carreteras</i>	36
Tabla 4 <i>Propiedades Mecánicas del Chromoly</i>	39
Tabla 5 <i>Propiedades del Material ASTM A – 36</i>	40
Tabla 6 <i>Tabla Comparativa de Materiales</i>	40
Tabla 7 <i>Common Weld Examination Methods vs. Discontinuities</i>	47
Tabla 8 <i>Formulario para la designación del chasis</i>	57
Tabla 9 <i>Tabla de datos del Bastidor</i>	58
Tabla 10 <i>Alternativas sobre modelos de bastidores</i>	59
Tabla 11 <i>Análisis de resultados</i>	73
Tabla 12 <i>Lista de Materiales</i>	76
Tabla 13 <i>Hoja de procesos</i>	77
Tabla 14 <i>Lista de procedimientos para VT</i>	83
Tabla 15 <i>Puntos de inspección en la estructura</i>	84
Tabla 16 <i>Registro de la medición de espesores por ultrasonido</i>	90
Tabla 17 <i>Rango de valores establecidos por la Norma</i>	91
Tabla 18 <i>Evaluación de PT</i>	102
Tabla 19 <i>Características del motor para análisis por vibraciones</i>	106
Tabla 20. <i>Puntos y direcciones de la medición</i>	106

Tabla 21 <i>Resultados de mediciones por puntos y valores de RMS</i>	108
Tabla 22 <i>Rangos vibración severa</i>	109
Tabla 23 <i>Análisis por END de VT y PT</i>	110
Tabla 24 <i>Análisis por END de UT y Análisis por Vibraciones</i>	111

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.	Primera combinación de carga.....	37
Ecuación 2.	Segunda combinación de carga.....	37
Ecuación 3.	Tercera combinación de carga.....	38
Ecuación 4.	Cuarta combinación de carga	38
Ecuación 5.	Quinta combinación de carga.....	38
Ecuación 6.	Sexta combinación de carga	38
Ecuación 7.	Séptima combinación de carga	38
Ecuación 8.	Octava combinación de carga.....	38
Ecuación 9.	Carga Muerta	33
Ecuación 10.	Carga Viva	34
Ecuación 11.	Carga de Frenado	35
Ecuación 12.	Carga de Aceleración Brusca.....	35
Ecuación 13.	Carga de Giro.....	36
Ecuación 14.	Carga por resistencia del aire frontal	37

RESUMEN

Las normas de diseño de bastidores tipo go-kart establecidas por la FIA y CIK denotan las medidas y un rango de tolerancias de la estructura del monoplaza, sin embargo, no existe la reglamentación técnica en cuanto al material utilizado. Este trabajo cuenta con cinco capítulos de manera organizada que presenta el origen de un monoplaza de fabricación nacional en las competencias del país, el diseño, homologaciones, la construcción con acero ASTM-A36, que se comercializa en nuestro medio, la simulación con el Software CAE para determinar cuál es el punto más susceptible a deformación, los ensayos no destructivos (END) que solidificarán y garantizarán el proceso de construcción, donde se establecen cuatro tipos: Inspección Visual (VT), para el análisis de juntas y estado de la soldadura en puntos críticos, medición de espesores por ultrasonido industrial (UT), verificará el espesor del material seleccionado para la construcción, tintas penetrantes (PT), consolidará el estado de los cordones de soldadura, análisis por vibraciones, proporciona datos de vibración mecánica de máquinas con velocidades de operación. Para validar la funcionalidad del material de fabricación nacional en un vehículo diseñado con normativa internacional y su desempeño en pista.

PALABRAS CLAVE:

- **KARTING**
- **CARROCERÍA DE VEHÍCULOS - NORMAS**
- **DISEÑO DE BASTIDOR**

- **ENSAYOS MECÁNICOS DE RESISTENCIA Y CONTROL DE CALIDAD PARA MATERIALES DÚCTILES**
- **SIMULACIÓN POR SOFTWARE CAE**

ABSTRACT

The rules of design of frames type go-kart established by the FIA and CIK denote the measures and a range of tolerances of the structure of the car, however, there is no technical regulation regarding the material used. This work has five chapters in an organized way that presents the origin of a single-seater domestic manufacturing in the country's competences, design, homologations, steel construction ASTM-A36, which is marketed in our environment, simulation with the Software CAE to determine which is the most susceptible to deformation, the non-destructive tests (NDT) that will solidify and guarantee the construction process, where four types are established: Visual Inspection (VT), for the analysis of joints and state of the weld at critical points, thickness measurement by industrial ultrasound (UT), verify the thickness of the material selected for the construction, penetrating inks (PT), consolidate the condition of the weld beads, vibration analysis, provide mechanical vibration data of machines with operating speeds. To validate the functionality of the nationally manufactured material in a vehicle designed with international standards and track performance.

KEYWORDS:

- **KARTING**
- **VEHICLE BODYWORK-STANDARDS**
- **FRAME - DESIGN**
- **MECHANICAL RESISTANCE AND QUALITY CONTROL ESSAYS FOR**

DUCTILE MATERIALS

- **CAE SOFTWARE SIMULATION**

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

La investigación tiene origen por motivo del primer campeonato Inter-Universidades de Karting, que ha tomado y organizado el Quito Karting Club, el cual permite la participación de carreras relacionadas a la mecánica, en el caso de la Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga mencionando la invitación de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

Surge la necesidad de construir el vehículo de competencia destinado para la participación, y en vista de que el campeonato exige entre otras cosas la construcción de un bastidor, cuyo diseño este bajo normativa técnica de la CIK-FIA (COMISIÓN INTERNACIONAL DE KARTING Y LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DEL AUTOMÓVIL) de donde se tiene una serie de reglamentos referente a materiales y dimensiones para el bastidor, accesorios y equipamiento, debido a que de esto depende el rendimiento y desempeño del vehículo en la pista. Prácticamente la competencia se concentra en la elección de las dimensiones y geometrías de los elementos estructurales, es necesario la mencionada estructura, definiendo el proceso de corte y soldadura para lograr buenos resultados en ensamble.

Existe deficiencia en variedad de aceros estructurales en el país, dando como única

opción al acero ASTM A36, además en virtud que así lo regulo la organización Quito Karting Club, en comparación al material estructural utilizado por las fábricas de bastidores pioneras en rendimiento mundial, asemeja sus características en pocas aleaciones siendo el más apto a elegir para la construcción del primer requisito del reglamento del campeonato, generando también motivo de investigación, el cual se basa en la composición del acero y también del proceso de fabricación del mismo, siendo necesario realizar pruebas de verificación y validación del material.

La CIK-FIA (COMISIÓN INTERNACIONAL DE KARTING Y LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DEL AUTOMÓVIL), otorga las dimensiones establecidas para el bastidor en cuanto a longitud y espesor, existe una variación de características entre el material patentado (Cromo-Molibdeno), con el de nuestro país, se necesita verificar que la normativa tenga validez para el acero nacional, de ahí se plantea el uso de ensayos mecánicos.

1.2. Justificación e importancia

Según la comisión internacional de karting, la federación internacional de automovilismo, y la opinión de reconocidos pilotos de los grandes equipos en diferentes disciplinas de automovilismo, el deporte conocido como karting se caracteriza por ser la base primordial para el aprendizaje y el desarrollo de la destreza ante el pilotaje de un vehículo motorizado en una competencia.

Haciendo de este prototipo un grande exponente de ingeniería en todos sus aspectos, resaltando principalmente el bastidor el cual hace posible aprovechar las características

mecánicas del diseño estructural y aprovecharlas para obtener el beneficio de un sistema de suspensión y dirección de alta calidad y tecnología sin tenerlos. Por esta razón se hace tan necesario el análisis de fallas mecánicas en el mismo para asegurar que cumpla el objetivo para el que fue concebido.

Este análisis contiene cálculos estáticos y dinámicos, convirtiéndose en una fuente de aprendizaje que no solo se puede aplicar en esta disciplina, sino también en todos los aspectos que como investigadores encontraremos a lo largo de la vida profesional.

El aporte de la investigación permitirá obtener un manual técnico científico acerca de todo lo que corresponde al kartismo, desde su inicio hasta lo que en la actualidad lo convierte en una disciplina importante y primordial en el mundo de las competencias, y el aporte científico que lleva en la creación de este monoplaza en nuestro país. Sirviendo así a las generaciones futuras que se interesen por este fabuloso tema y quieran entrar en esta disciplina del mundo motor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Analizar la estructura de un bastidor monoplaza tipo kart, para detectar puntos críticos en la estructura tanto interna como externa.

1.3.2. Objetivos específicos

- Consultar información bibliográfica y datos técnicos que permitan un conocimiento adecuado de los materiales y componentes usados en un kart.
- Analizar la parte más susceptible a fallas en el bastidor.
- Realizar un conjunto de ensayos no destructivos para validar la seguridad y establecer un control de calidad en el material y las uniones soldadas en los puntos críticos, que comprenden los siguientes:
 - Inspección Visual.
 - Medición de espesores por ultrasonido industrial.
 - Inspección por líquidos penetrantes.
 - Análisis de vibraciones.
- Identificar las causas posibles de falla, mediante un análisis basado en los informes generados en base a los ensayos mecánicos.
- Desarrollar el protocolo de pruebas para la estimación del desarrollo del bastidor monoplaza tipo kart.
- Tabular los datos obtenidos, para generar un registro de las comparaciones entre ensayos.

1.4. Área de influencia

País: Ecuador

Región: Centro

Provincia: Cotopaxi.

Ciudad: Latacunga.

Parroquia: Belisario Quevedo.

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.

1.5. Descripción resumida del proyecto

La investigación se desarrollará en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara, donde se realizará el trabajo de simulación tomando en cuenta los parámetros de diseño planteados por los reglamentos internacionales, posteriormente se tomará como lugar de trabajo al Área de Ensayos e Inspecciones del Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero de Tungurahua para los respectivos análisis y pruebas necesarias para construir el prototipo.

Como primer punto se deberá conocer el diseño que plantea la CIK-FIA (COMISIÓN INTERNACIONAL DE KARTING Y LA FEDERACIÓN INTERNACIONAL DEL AUTOMÓVIL) para un modelo de bastidor tipo kart, como particularidad maneja el material, entre lo más destacado del diseño de un Go-Kart, a continuación se designó la selección del material que se encuentre dentro de la normativa, verificando mediante simulación la factibilidad del diseño ante las cargas estáticas y dinámicas a las que será sometida la estructura durante una competencia.

Una vez determinados los puntos más críticos en la estructura con las dimensiones y

material elegido, se procederá a realizar las respectivas pruebas mecánicas que corresponden a los ensayos no destructivos en dicho sector para verificar la factibilidad del diseño que mantiene el bastidor y obtener la seguridad de que la base del proyecto cumple con la expectativa y asegure su participación en un campeonato.

Con el bastidor completo y analizado se generará el diseño, detalle y seguridad por medio de una capa de pintura electrostática en todo el bastidor, se finalizará acoplando los demás accesorios y sistemas que completan el vehículo obteniendo un vehículo de carácter competitivo.

Al final de la investigación se elaborará un documento académico en el que se detalle todos los parámetros necesarios para la construcción de un bastidor que sea adecuado, seguro y efectivo, cumpliendo con lo establecido en la normativa técnica, y los respectivos procesos para realizar ensayos no destructivos en la estructura, lo cual verificará que el diseño y la construcción brinde total garantía para ser dignos representantes de una minuciosa investigación.

1.6. Metas

Las metas del presente proyecto son:

- Recopilar toda la información necesaria para el diseño y construcción de un Go-Kart.
- Selección de materiales establecidos por la norma INEN con similares características del Cromo-Molibdeno, ya que es un material que no se encuentra

en el país.

- Simulación mediante software sobre las cargas que someterán a susceptibilidad a la estructura del Go-Kart.
- Realizar ensayos no destructivos que garanticen la suelda y material seleccionado.

1.7. Hipótesis

El análisis de falla estructural del bastidor del monoplaza tipo kart permitirá desarrollar un vehículo seguro y eficiente en cuanto a su desempeño en competencia.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos generales

2.1.1. Introducción al karting

Se conoce como Karting a la disciplina de automovilismo, cuya modalidad por excelencia forma los pilotos más aclamados en el mundo automovilístico, la cual se practica con prototipos estructurales que son impulsados por un motor de combustión interna a gasolina, sobre una pista plana de asfalto cuyas dimensiones varían entre 600 y 1700 metros de longitud, y un ancho de 8 a 15 metros. (RFEDA, 2018)



Figura 1. Competencia karting.
Fuente: (RFEDA, 2018)

2.1.2. Historia del karting.

Esta disciplina nace en 1956 en California, Estados Unidos, Arte Ingels construyó el primer kart comercial con un motor de cortadora de césped de la West Bend Company. Al inicio los go karts alcanzaban los 50km/h, conforme pasó el tiempo, fueron conformando muchas mejoras técnicas. Tres años después en Norteamérica ya existían más de 300 fábricas destinadas a la fabricación de Karts. Ya en los años 60 este deporte tuvo aceptación en Europa a través de Francia e Inglaterra y fue así como la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) decidió crear por el año de 1962 la Comisión Internacional de Karting (CIK).

2.1.3. Concepto de Go-Kart

a. Características

Go-Kart es el nombre que denomina al vehículo monoplace que no tiene techo, el cual carece de sistema de suspensión y en ocasiones también de elementos de carrocería, tiene cuatro ruedas que mantienen contacto con el piso de la pista. Por lo general las ruedas delanteras mantienen el control del sistema de dirección y las ruedas posteriores son sujetadas al eje que les transmite la potencia desde un motor de combustión mono cilíndrico a gasolina. (TONY KART, 2018)

De acuerdo a esto, sus partes principales son el bastidor, el motor, y los neumáticos.



Figura 2. Monoplaza Tony Kart
Fuente: (TONY KART, 2018)

2.1.4. Componentes principales de un Go-kart

a. Carrocería

Corresponde a todos aquellos elementos que sujetos al bastidor forman el cuerpo del vehículo, cuya función es la protección del piloto, y de elementos cuya importancia radica en el rendimiento del monoplaza en la competencia como la dirección, el motor, los neumáticos, etc. (Alberto, 2012, pág. 6)

(Alberto, 2012) indica generalmente que, las carrocerías son fabricadas con materiales plásticos o fibras resistentes, pero de bajo peso, en donde su ubicación es alrededor de todo el vehículo, conociéndose como:

- Protectores delantero y posterior o bumpers.
- Protectores laterales o pontones.
- Protector de Volante o Babero.

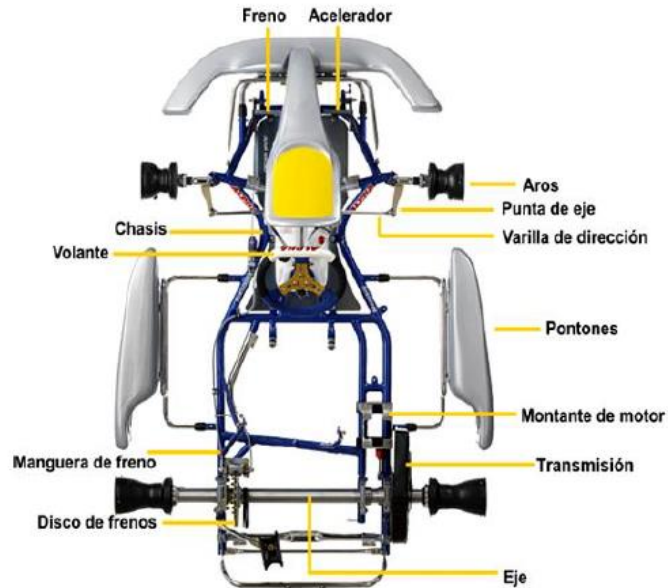


Figura 3. Elementos de la carrocería.
Fuente: (Alberto, 2012, pág. 7)

b. Chasis

(Alberto, 2012), indica que es la parte principal del vehículo, la cual se conforma de diferentes elementos que hacen posible el armado del mismo, el cual cumple la función de sujetar los sistemas del go-kart con la carrocería y la transmisión, por lo que esta se compone de:

- **Bastidor**

Estructura principal o esqueleto base del chasis, está formado por tubos cilíndricos de aleaciones de acero unidos por medio de soldadura, cuyas medidas varían entre 30 y 32 milímetros de diámetro, ya que sus prestaciones ofrecen gran flexibilidad y la resistencia suficiente para soportar los esfuerzos de torsión que se generan en el vehículo

al no poseer sistema de suspensión. (Alberto, 2012, pág. 7)

Este armazón permite acoplar elementos del vehículo como el asiento, columna de dirección, bandeja de chasis, motor, barras, etc.

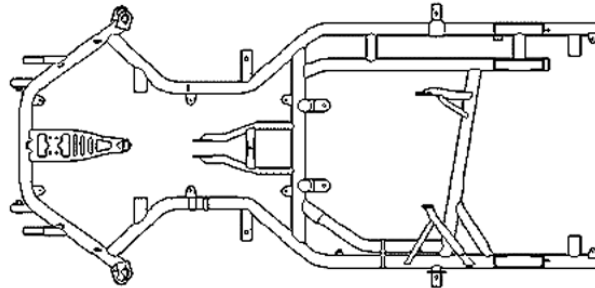


Figura 4. Bastidor de go-kart

Fuente: (TONY KART, 2016)

Los fabricantes de vehículos go-kart, enfocan la ingeniería de este elemento, en la seguridad y versatilidad, que brindan al piloto comodidad y facilidad de manejo en la conducción deportiva.

- **Bandeja de Chasis**

Se encuentra en la parte baja delantera del bastidor, cuya función principal es brindar protección y soporte; sin contener agujeros, excepto los que servirán para el anclaje por medio de tornillería. Por lo que se construye de aluminio aeronáutico (densidad de 2.7 g/cm^3), de 1 a 2 mm de espesor y de plástico. (Alberto, 2012, pág. 10)



Figura 5. Bandeja a) plástica (Izq.) y b) aluminio (Der.)

Fuente: (Alberto, 2012)

- **Pedales**

El Go-Kart consta de dos pedales ubicados en la parte delantera, uno para el acelerador y otro para freno, los cuales permiten al piloto reaccionar de manera adecuada a las necesidades de la pista en la competencia. (Alberto, 2012, pág. 20)

Cuando se colocan en el Go-Kart se debe considerar que no deben sobrepasar la defensa delantera y su apriete debe permitir el juego recomendado para facilidad del movimiento de los mismos. Siempre es recomendable comprobar el estado de los muelles de retorno y asegurar que los topes del juego de pedal estén graduados en la posición adecuada. (Alberto, 2012, pág. 20)



Figura 6. Pedal de acelerador

Fuente: (TONY KART, 2018)

- **Barras de Sujeción**

Son elementos de tubería generalmente cromados que se sujetan al bastidor y cumplen la función de estabilizar y brindar soporte a los elementos de la carrocería. (Alberto, 2012, pág. 11)

La barra frontal, “atornillada en los extremos del bastidor protege los pies del conductor y brinda soporte al protector delantero o bumper delantero” (Alberto, 2012, pág. 11).



Figura 7. Barra frontal
Fuente: (Alberto, 2012, pág. 11)

La barra posterior “cumple la función de parachoques y soporte para el protector posterior” (Alberto, 2012, pág. 12).



Figura 8. Barra posterior
Fuente: (Alberto, 2012)

Las barras laterales “Dan soporte a los pontones laterales asegurando la seguridad del piloto en caso de una colisión lateral” (Alberto, 2012, pág. 12).



Figura 9. Barras laterales
Fuente: (Alberto, 2012, pág. 12)

Existe también una barra de torsión la cual “puede ser instalada en caso de necesitar mayor rigidez del vehículo, se instala por detrás del eje y brinda estabilidad de conducción” (Alberto, 2012, pág. 13).



Figura 10. Barras de torsión
Fuente: (Alberto, 2012, pág. 13)

c. Aros y Neumáticos

Corresponde a los componentes que hacen posible la fijación del vehículo en la pista, si se refiere al conjunto delantero permitirá mantener control de la dirección, el conjunto trasero influirá en la propulsión del kart cuando el piloto lo requiera. Cabe destacar que

los neumáticos son de gran importancia para la estabilidad, el frenado y el manejo del prototipo vehicular. (Santín, 2013, pág. 39)

- **Aros**

Son elementos metálicos cuyo perímetro toma una forma circular, en el cual se sujetan los neumáticos, por lo general son construidos en aluminio con aleaciones de cromo y magnesio, los cuales ofrecen resistencia con un bajo peso. Por lo general, pesan 1 libra y su peso máximo 1.5 libras. (TONY KART, 2018)



Figura 11. Aros go-kart
Fuente: (TONY KART, 2018)

- **Neumáticos**

Son componentes fabricados de caucho, que toman ubicación sobre los aros de diferentes máquinas y vehículos movibles. Cuya función principal es mantener un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y el direccionamiento del vehículo. (Rotax Kart, s.f.)



Figura 12. Neumáticos MOJO D2
Fuente: (Rotax Kart, s.f.)

- **Tipos de neumáticos**

El tipo de neumáticos difiere en cuanto a las condiciones atmosféricas y de la pista en el lugar de la competencia. Siendo los más utilizados los neumáticos de asfalto de pista seca en el Ecuador, en otros lugares del mundo en ocasiones se presenta la obligación de utilizar neumáticos de tierra, nieve y hielo. (Alberto, 2012, pág. 41)

Por otro lado, un factor a considerar en la elección del neumático es la dureza de la goma y el labrado, existen neumáticos con labrados especiales para lluvia (wet tires) o para piso seco (Slicks). Esta elección es muy importante para el comportamiento del vehículo en la pista, agregando también que la presión y la temperatura de la pista influirán en el desempeño. (Alberto, 2012, pág. 41)



Figura 13. a) Neumáticos asfalto seco, b) húmedo y c) nieve.
Fuente: (Alberto, 2012, pág. 41)

a) Motor

Para el kartismo, lo más común es la utilización de motores de combustión interna de dos tiempos, monos cilíndricos, cuya potencia se encuentra entre 8 y 40 caballos de fuerza, los cuales se determinan mediante mejoras en el motor, siendo fabricados con materiales resistentes a los esfuerzos sometidos para el régimen de giro. (Rotax Powertrains, 2018)

Un fabricante es “ROTAX”, el cual es muy reconocido y cuya aplicación, se convierte en un requisito para diferentes campeonatos, ubicados en Alta Austria, empresa que se ha especializado en el desarrollo y la producción de sistemas motrices innovadores para productos del ámbito de los deportes.



# CILINDROS	1
POTENCIA	25Kw / 34 HP
POTENCIA	25Kw @ 12000 rpm
MOMENTO DE GIRO	22Nm @ 10500 rpm
PESO	28.8 kg
ENGRANAJE	SECUENCIAL / SEMIAUTOMÁTICO
USO	KART
FAMILIA	2 TIEMPOS

Figura 14. Rotax 125 max DD2 EVO

Fuente: (Rotax Powertrains, 2018)

b) Asiento

El asiento es moldeado en fibra por su resistencia y bajo peso del componente, el cual cumple la función de albergar y sostener al piloto, tomando una forma ergonómica que se enfoca en soportar el peso, del conductor y sostenerlo cuando las fuerzas de inercia aumentan en el momento de curvar. (Alberto, 2012, pág. 14)



Figura 15. Asiento plano trasero OTK
Fuente: (TONY KART, 2018)

Entre los materiales más comunes en que se encuentran fabricados los asientos de un monoplaza tipo kart, es la fibra de vidrio y el kevlar; este último conocido como una fibra que presenta alta fuerza extensible, y cumple con características de baja rigidez estructural, contracción termal baja, alta dureza y un bajo peso, que es lo que un vehículo de este tipo necesita para obtener el rendimiento necesario en competencia, lo cual ubica este compuesto como material líder de conformación de asientos por las grandes marcas de fabricantes dado que brinda a los pilotos la facilidad de acoplamiento y maniobrabilidad, guardando siempre su seguridad y sujeción al vehículo en una postura cómoda y adecuada para el manejo.

Un factor de bastante importancia es la ubicación que se da al asiento, el cual dependerá de la postura que adopte el piloto, equilibrando el peso en el vehículo, ubicándose de tal forma que el piloto mantenga las piernas un tanto flexionadas, permitiendo el alcance a los pedales y el volante de una manera fácil y cómoda, considerando también que el vehículo junto al piloto mantendrá un centro de gravedad cuya ubicación será crucial en cuanto al manejo en competencia.

c) Cables y Cañerías

Dependiendo del chasis, los cables pueden ser utilizados tanto para el acelerador, como para el freno, en cuanto a su tensión, recomendándose dar una tensión baja, para evitar fatiga por tracción que pueden ocasionar que se arranquen, su posicionamiento debe mantener la forma más libre para su recorrido, evitando en su trayecto codos de ángulos pronunciados, con una longitud de 1.5m. (Alberto, 2012, pág. 19)



Figura 16. Cable de acelerador o freno
Fuente: (Alberto, 2012)

En algunos tipos de chasis, especialmente en las categorías profesionales, el sistema de freno tendrá un accionamiento hidráulico, en el cual se utilizan cañerías de freno, diseñados para soportar la presión del fluido incompresible y la suficiente flexibilidad para adaptarse a las posiciones de las mordazas.



Figura 17. Cañerías y empalmes de freno
Fuente: (Superkart, 2011)

2.1.5. Sistemas que conforman el Go-kart

a. Sistema de Dirección

El sistema de dirección es un conjunto de componentes que en su funcionamiento hacen posible el control de viraje del vehículo por medio del control de la posición de las ruedas delanteras, el cual es muy importante en este tipo de vehículo, el cual debe tener un diseño esencial para soportar las cargas dinámicas que se generan por falta de suspensión. (Alberto, 2012, págs. 14,15)

El sistema de dirección se conforma del volante, columna de dirección, varillas, rotulas y las manguetas.

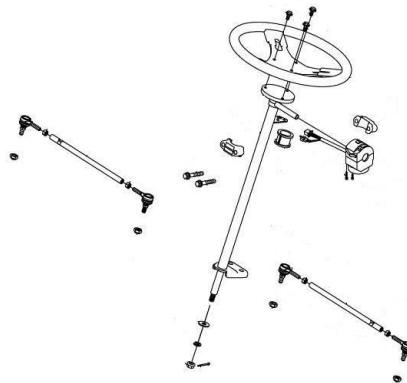


Figura 18. Sistema de dirección
Fuente: (Alberto, 2012)

- **Volante**

“Es un elemento de forma circular, el cual se acopla a la columna de la dirección para

transmitir el movimiento, desde las manos del conductor hacia las ruedas delanteras” (TONY KART, 2018).

Su diámetro depende del torque necesario para curvar, la comodidad del piloto y la maniobrabilidad que debe tener el vehículo.



Figura 19. Volante OTK
Fuente: (TONY KART, 2018)

- **Columna de dirección**

La columna de dirección, es una barra diseñada en aleaciones de acero al carbono con elementos como Cromo, Níquel y Molibdeno, para mejorar la tenacidad y templabilidad, necesaria para soportar las fuerzas que la recorren, acoplándose al volante en su parte superior y en la parte inferior a las barras de dirección. (TONY KART, 2018)



Figura 20. Columna de dirección KF-KZ 470 mm
Fuente: (TONY KART, 2018)

Cabe destacar que el diseño de la columna de dirección, mantiene los respectivos acoples para el volante y las barras de dirección, en una geometría que permite transformar el movimiento rotacional en lineal, presentándose en su extremo inferior un estrechamiento, del eje, para permitir el roscado que acoplara al rodamiento inferior en la base del chasis.

- **Varillas y Rotulas**

Las varillas se acoplan a la columna de la dirección por un extremo y por el otro a las manguetas, generando movimiento en las ruedas delanteras del vehículo en la dirección que solicite el piloto. El tirante por defecto tiene extremos roscados que permiten configurar su longitud y brindar la alineación debida del tren delantero, evitando la convergencia o divergencia de las ruedas que ocasionan resistencia al avance en la pista. (TONY KART, 2018)



Figura 21. Tirante sterzo 190mm
Fuente: (TONY KART, 2018)

Por otro lado, las rotulas o Joinbal, son aditamentos que se ubican en los extremos de los tirantes, con un eje roscado que permite acoplarlas y regular la distancia final que

mantendrá la varilla de la dirección.



Figura 22. Joinbal
Fuente: (TONY KART, 2018)

- **Manguetas**

Las manguetas o puntas de eje son “piezas que van empernadas a los soportes del bastidor, en el cual se crearán un punto de pivote, ubicando las ruedas y la unión con las varillas de la dirección, que comandarán el radio de giro de las ruedas” (TONY KART, 2018).

Se debe tener presente que en algunos casos los pilotos, necesitan que en la punta de la mangueta se coloquen separadores de aros, para poder variar el ancho de la rueda delantera que dentro de las normas se debe cumplir para la competencia.



Figura 23. Mangueta OTK
Fuente: (TONY KART, 2018)

a) Sistema de escape

En un motor de combustión se puede encontrar un sistema de escape, el cual hace posible la expulsión correcta de los gases resultantes.

En motores dos tiempos el sistema de escape “influye en sus prestaciones de potencia, torque y eficiencia de combustible, mucho más que en los cuatro tiempos, diseñado para brindar confort acústico y protección del medio ambiente” (TONY KART, 2018).



Figura 24. Escape Rotax 2T
Fuente: (TONY KART, 2018)

b. Sistema de frenos

El conjunto de frenado consta de varios componentes mecánicos e hidráulicos, que cumplen la función de disminuir la velocidad del vehículo, donde su comportamiento debe ser de precisión, ya que en competencia este sistema será utilizado con rigurosidad y su respuesta tiene que ser efectiva. (TONY KART, 2018)

El sistema de frenos se compone de los siguientes elementos.

- Mordaza de freno (1)

- Disco de freno (2)
- Pastillas (3)
- Cilindro o bomba principal (4)
- Cañerías (5)

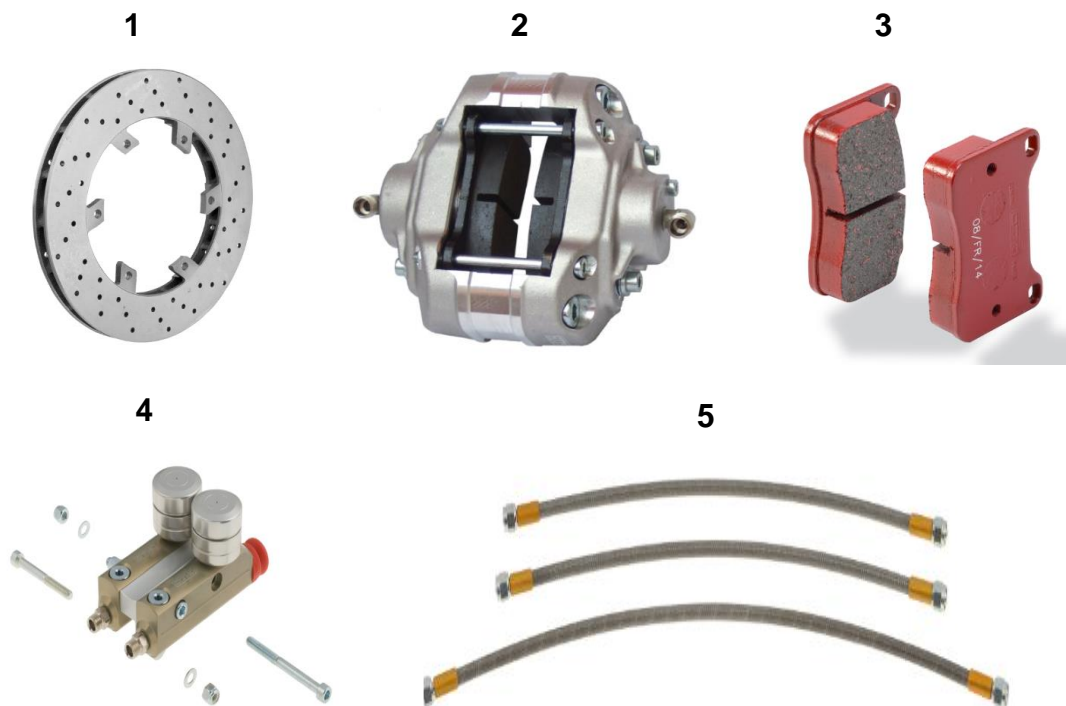


Figura 25. Componentes del sistema de frenos
Fuente: (TONY KART, 2018)

Dependiendo del chasis y la categoría de competencia, se evidenciará la ubicación de estos componentes, siendo en categorías infantiles un solo disco y mordaza atornillado al eje trasero del vehículo; hasta en las categorías más altas donde se da el uso de 3 discos de freno, con su respectiva mordaza, uno en el eje de transmisión y los dos restantes en cada rueda delantera.

c. Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación es el encargado de proveer, el combustible necesario para el funcionamiento óptimo del motor, siendo usado en este deporte un motor de dos tiempos, con carburador, el cual tiene lubricación por mezcla y alimentación por gravedad.

- **Carburador**

El carburador, es “el encargado de pulverizar la mezcla de gasolina con lubricante y aire, e ingresarlo a la cámara de combustión del motor, para que se produzca la explosión característica de encendido por chispa” (Alberto, 2012, pág. 28).



Figura 26. Carburador Rotax
Fuente: (TONY KART, 2018)

El carburador consigue la gasolina del tanque de combustible y por el efecto Venturi, creado en su estructura compone una mezcla fina para su posterior ingreso al motor.

- **Tanque de Combustible**

El tanque de combustible, generalmente es “de plástico, cuya ubicación es bajo la columna de la dirección, el cual cumple la función de almacenar la gasolina y permitir un equilibrio de peso a lo largo del bastidor” (Alberto, 2012, pág. 29).

El material tiene características resistentes que impiden la entrada de aire al circuito de alimentación de combustible.



Figura 27. Tanque de combustible 8.5 litros
Fuente: (TONY KART, 2018)

b) Transmisión

La transmisión es el “mecanismo, que transmite potencia entre dos o más elementos, ubicados en las ruedas traseras, con un movimiento libre del diferencial a través de un eje” (Flores, 2015).

Según (Flores, 2015), los sistemas de transmisión más usados son:

- Sistemas de transmisión por engranes.
- Sistemas de transmisión por polea y correa
- Sistemas de transmisión por cadena

- **Eje de Transmisión**

El eje de transmisión también se lo conoce como árbol trasero de transmisión, “el cual tiene un diámetro máximo de 50 mm con un espesor mínimo de 1.9 mm, su manufacturación es de cromo molibdeno” (Salazar, 2011, pág. 110).

Los diámetros y espesores existentes son:

Tabla 1

Diámetros y espesores más utilizados

Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Categoría
50	1.9	DD2/Super
45	2.3	DD2/Formula A
40	2.9	Kf/Kz/Junior
35	3.8	Micro Max
30	4.9	Mini Max
25	Macizo	Básica

Fuente: (Salazar, 2011, pág. 110)

- **Rodamientos de Apoyo**

Ayuda al “eje posterior a generar un giro libre, hallándose anclados al chasis, proporcionando además alineación y soporte al eje de transmisión, están elaborados de material duradero, aislando al eje de la vibración producida” (Salazar, 2011).



Figura 28. Rodamientos de apoyo para ejes de transmisión

Fuente: (SKF, 2018)

- **Catarina**

Es un conjunto motriz que “transmite movimiento del motor al eje de transmisión, en base a una relación definida y establecida, donde el número de dientes, y el distanciamiento entre centros determina la velocidad deseada de rotación del eje de salida” (Lera, 2015).



Figura 29. Catarina, piñón y cadena
Fuente: (Lera, 2015)

- **Porta Catarina**

La porta Catarina va fijado a la Catarina, donde su función es de alojar los tornillos sujetadores e impedir la entrada de agua y polvo de manera directa. (TONY KART, 2018)



Figura 30. Porta catarina MG D.40
Fuente: (TONY KART, 2018)

- **Piñón de transmisión**

Es una rueda dentada que servía de transmisión directa o indirecta, ubicada en el eje del motor, su número de dientes varía en función de la relación de transmisión determinada y establecida. (Grupo GAES, 2015)



Figura 31. Piñón de transmisión
Fuente: (Grupo GAES, 2015)

- **Cadena de transmisión**

La cadena de transmisión brinda movimiento de arrastre de los engranajes, su distancia varía en función del número de eslabones requeridos, debe tener una medida apropiada según la estrella seleccionada. (TONY KART, 2018)



Figura 32. Cadena de transmisión
Fuente: (TONY KART, 2018)

2.2. Normas para diseño

El instituto de normalización ecuatoriana INEN, establece la garantía que debe tener cualquier producto que fuera construido en el país bajo la producción de normativas de control. Consideración que ha sido tomada para el proyecto de investigación con los siguientes argumentos:

- En el país no existe una normativa vigente que establezca un control para la construcción de bastidores de uso automotriz.
- Carencia de normas internacional de diseño de bastidores monoplaza tipo Kart.

Se determinó que la norma NTE INEN 1323 es la apropiada para el desarrollo de la investigación por las cargas de diseño que deben ser calculadas y aplicadas en el modelado de la estructura.

NTE INEN 1323:2009 usada para Vehículos Automotores, carrocerías de buses, en base a la determinación de:

- Carga muerta (M), peso total de la estructura.
- Cargas vivas (V), definida como la carga por ocupación.
- Cargas de giro (G), establecida en rangos definidos por la Norma.
- Cargas de frenado (F), donde se recomienda asumir una desaceleración mayor o igual a 4 m/s^2 .
- Carga de aceleración brusca (Ab), en base al criterio similar al de frenado, pero en

sentido contrario.

- Carga por resistencia del aire frontal (Raf), en base a la fuerza de aire actuante sobre el frente del vehículo.

2.2.1. Cargas

Según la Norma INEN NTE 1323 y el Diseño de Estructuras de Acero de McCormac recomienda utilizar:

- **Carga muerta (M)**

La norma (NTE INEN 1323, 2009) define a la carga muerta como la totalidad del peso de la carrocería en condiciones operativas, a esto se refiere que la carrocería incluirá todos los componentes estructurales y no estructurales, es decir los accesorios.

$$M = M_t \times g$$

Ecuación 1.

Donde:

- M_t = Peso generado por los materiales (kg)
- g = Gravedad (m/s^2)
- M = Carga muerta (N)

Tabla 2

Peso Total para la Carga muerta

CARGA MUERTA	MASA (KG)
MOTOR	34.4
CADENA	1
EJE POSTERIOR	5
MANGUETAS DELANTERAS	4.4
ASIENTO	2
ACCESORIOS (PONTONES Y SOPORTES)	2
BASTIDOR	10
TOTAL	58.8

Fuente: (TONY KART, 2018)

Carga viva (V)

Corresponde a la carga por ocupación y se la considera como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería (NTE INEN 1323, 2009)

$$V = V_t \times g$$

Ecuación 2.

Donde:

- V_t = Peso generado por las personas (kg)
- g = Gravedad (m/s^2)
- V = Carga viva (N)
- **Carga de frenado (F)**

Es la fuerza que se produce por el sistema de frenos del vehículo, al producir una desaceleración en el monoplaza.

$$F = M_t \times a$$

Ecuación 3.

Donde:

- M_t = Peso generado por los materiales (kg)
- a = Desaceleración de frenado (m/s^2)
- F = Carga de frenado (N)

- **Carga de aceleración brusca (A_b)**

La fuerza que se produce en el vehículo cuando se adiciona una aceleración de manera brusca progresiva, se denomina como carga de aceleración brusca. (NTE INEN 1323, 2009)

$$A_b = -M_t \times (-a)$$

Ecuación 4.

Donde:

- M_t = Peso generado por los materiales (kg)
- a = Aceleración (m/s^2)
- A_b = Carga de aceleración brusca (N)

- **Carga de giro (G)**

Al momento que un vehículo toma una dirección alterna a la que llevaba, se produce una fuerza conocida como carga de giro.

$$G = (M_t + V_t) \cdot \frac{v^2}{r} \quad \text{Ecuación 5.}$$

Donde:

- M_t = Peso generado por los materiales (kg)
- V_t = Peso generado por las personas (kg)
- v = Velocidad de vehículo (m/s^2) (tabla 3)
- r = Radio de curvatura (m)
- G = Carga de giro (N)

Tabla 3

Velocidades, radios mínimos y peraltes en carreteras

Velocidad del Vehículo en Km/h	Radio de Curvatura de la Carretera	Peralte (%)
80	250	
85	300	
90	350	
95	400	
100	450	8
105	500	
110	550	
115	600	
120	700	
125	800	7.51
130	900	6.97
135	1050	6.25
140	1250	5.49
145	1475	4.84
150	1725	4.29

Fuente: (NTE INEN 1323, 2009)

- **Carga por resistencia del aire frontal (Raf)**

Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal. (NTE INEN 1323, 2009)

$$(Raf) = \frac{C_x \cdot \rho \cdot A_f \cdot V^2}{2} \quad \text{Ecuación 6.}$$

Donde:

- C_x = Coeficiente de resistencia aerodinámica (N)
- ρ = Densidad del aire (kg/m^3)
- A_f = Área correspondiente a la proyección en (m^2)
- V = Velocidad (m/s^2)

En base a las cargas determinadas y señaladas anteriormente y según el método LRFD (Load Resistance Factor Design), establecido por la Norma, recomienda que las estructuras de las carrocerías deben ser de tal manera que resistan las combinaciones básicas señaladas a continuación:

$$1: 1.4 M + V \quad \text{Ecuación 7.}$$

$$2: 1.2 M + 1.6 V + 0.5 G \quad \text{Ecuación 8.}$$

$$3: 1.2 M + 0.5 V + 1.6 G \quad \text{Ecuación 9 .}$$

$$4: 1.2 M + 1.6 F + 0.8 \text{ Raf} \quad \text{Ecuación 10.}$$

$$5: 1.2 M + 0.5 V + 0.5 F + 1.3 \text{ Raf} \quad \text{Ecuación 11.}$$

$$6: 1.2 M + 1.5 \text{ Ab} + 0.5 V \quad \text{Ecuación 12.}$$

$$7: 0.9 M - 1.3 \text{ Raf} \quad \text{Ecuación 13.}$$

$$8: 0.9 M + 1.3 \text{ Raf} \quad \text{Ecuación 14.}$$

2.3. Criterios de diseño

Los criterios de diseño nos dan la pauta para predecir la resistencia o deformación de un elemento de máquina, de manera que pueda soportar las cargas impuestas durante el tiempo que se requiera.

2.3.1. Factor de seguridad

Se tiene además una consideración especial a tener en cuenta, como es el Factor de Seguridad, el mismo que según (Mott, 2006, pág. 185) recomienda:

Para **Materiales dúctiles**

1: $N = 1.25$ a 2.0 , para diseños de estructuras bajo cargas estáticas, con un alto grado de confiabilidad.

2: $N = 2.0$ a 2.5 , para diseños de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con un grado de confianza promedio.

3: N = 2.50 a 4.0, para diseños de estructuras estáticas o elementos bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o al ambiente.

4: N = 4.0 o más, para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en combinaciones de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzo o al ambiente. (Mott, 2006, pág. 185)

2.4. Materiales

El Karting es una disciplina con monoplazas sin suspensión, por lo que en su fabricación se usa el Cromo-Molibdeno (Chromoly). Tienen una fuerza excelente al cociente de peso, son fáciles de soldar y son considerablemente más fuerte y más duro. No es tan ligero como una aleación de aluminio, pero tiene la ventaja de una alta resistencia a la tracción y alta ductilidad.

En la Tabla 4 especificamos las propiedades físico-químicas del Cromo-Molibdeno.

Tabla 4
Propiedades Mecánicas del Chromoly

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia (Kg/mm ²)		Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)		Elongación %
60-74		95-105		10-18
Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
0.38-0.43	0.75-1	0.15-0.35	<= 0.035	<= 0.04
%Cr	%Mo			

0.8-1.10

0.15-0.25

Tratamientos Térmicos

Normalizado	Templado	Revenido
870 a 900 °C	830 a 850 °C	500 a 650 °C

Fuente: (Otero, 2018)

La aleación Cromo-Molibdeno no existe en el mercado nacional, por lo que se utiliza el acero estructural ASTM A36, el mismo que según (Otero, 2018), tiene una buena soldabilidad, adecuado para la fabricación de vigas soldadas, con propiedades mecánicas especificadas en la tabla 5.

Tabla 5*Propiedades del Material ASTM A – 36*

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
25.5 min	250 min	40.8 min	400	20
Composición Química (Valores típicos)				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
<= 0.26	0.80-1.20	<= 0.40	<= 0.04	<= 0.05
Mínimo Radio Interior de Plegado en Frio (**)				
Espesor E (mm.)				
Hasta 20 mm.	Sobre 20 mm. Hasta 25 mm.		Sobre 25 mm. Hasta 50 mm	
1.5 X E	1.5 X E		1.5 X E	

Fuente: (Otero, 2018)

Es evidente que el acero estructural ASTM-A36 cumple composición química similar al Cromo-Molibdeno como las siguientes:

Tabla 6*Tabla Comparativa de Materiales*

	ASTM-A36	Cromo-Molibdeno
Propiedades Mecánicas		
Esfuerzo Fluencia (Kg/mm ²)	25.5	60-74
Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)	40.8	95-105
Elongación %	20	10-18
Composición Química		
%C	<= 0.26	

% Mn	0.80-1.20	0.38-0.43
%Si	<= 0.40	0.75-1
%P	<= 0.04	0.15-0.35
%S	<= 0.05	<= 0.035
%Cr	-	<= 0.04
%Mo	-	0.8-1.10
		0.15-0.25

2.5. Ensayos

Con los ensayos de materiales se determinan las propiedades mecánicas y químicas de un elemento cuyo fin es comprobar si cumple o no los estándares establecidos para la validación del diseño y la seguridad de un miembro estructural.

2.5.1. Tipos de ensayo

a. Destructivos

- **Ensayos por Compresión**, se encarga “de determinar la resistencia a la deformación, utilizándose en materiales frágiles y en aceros, acortándose la longitud inicial planteada” (Gonzalez, 2017).
- **Ensayos por Tracción**, (Gonzalez, 2017), indica que se da en una probeta definida, donde en base a dos mordazas, y a un sistema de fuerzas brindan tracción longitudinal, proceden a alargar el material, llegando hasta la rotura, dividiéndose en diferentes procesos que son:
 - Alargamiento y reducciones de sección repartidas uniformemente, generándose un alargamiento elástico, se continúa con un segundo periodo definido como alargamiento permanente.

- Se da cuando la carga llega hasta un valor requerido por tensión de rotura.
- **Ensayos de dureza**, se trata de la resistencia que oponen los “materiales a dejarse penetrar por otro de mayor dureza, los métodos utilizados son: Brinell, Rockwell, Vickers y Shore” (Capote, 2011, pág. 4).
- **Ensayos de Choque**, originados por la resiliencia, determinándose la tenacidad del material, siendo el más conocido el del Péndulo de Charpy, el cual está constituido por dos montantes verticales unidos a una base delimitada, donde rota un martillo rompiendo la probeta. (Capote, 2011, pág. 4).
- **Ensayos de Fatiga**, estos tipos de ensayos “determinan la carga máxima que puede resistir un determinado material, durante un número indefinido de ciclos sin provocar rotura” (Capote, 2011, pág. 5).

b. No Destructivos

Los tipos de Ensayos no Destructivos (END), se clasifican en:

- **Ensayos Visual (VT)**, acarrea resultados rápidos, sin costos, en base a la visualización, identificándose la presencia o ausencia de discontinuidades, en un ensayo primordial donde se debe tener una buena iluminación, y limpieza, usándose herramientas como una lupa, calibrador, galgas entre otras. (Amado, 2014)

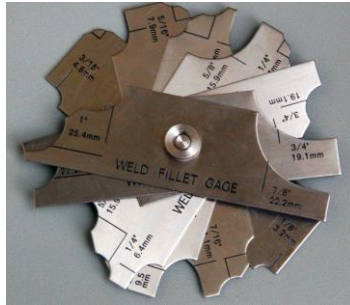


Figura 33. Galgas
Fuente: (Amado, 2014)



Figura 34. Lupas
Fuente: (Amado, 2014)

- **Líquidos Penetrantes (PT)**, es un método usado para la detección de discontinuidades que se hallan o se producen en la pieza, donde se usa un líquido para revelar poros, discontinuidades, entre otros, haciendo posible más rápido un sistema de producción delimitado, aplicándose antes un líquido nombrado como limpiador y otro como penetrante.



Figura 35. Limpiador

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)



Figura 36. Penetrante

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)



Figura 37. Revelador

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

- **Partículas Magnéticas (MT)**, este tipo de ensayos se da, para poder localizar defectos superficiales y subsuperficiales en materiales ferro magnéticos, aplicando partículas sobre la superficie de forma seca o húmeda, debiendo darse una dirección que intercepte, acumulándose dichas partículas en las grietas, adhiriéndose en los bordes de las aberturas originadas, utilizándose el yugo como detector. (ILOG SA de CV, 2011)



Figura 38. Yugo magnético

Fuente: (ILOG SA de CV, 2011)

- **Ultrasonido (UT)**, es un método utilizado para detectar defectos superficiales, donde las ondas producidas atraviesan el material con cierta atenuación, actuando como si fuera reflector de alta frecuencia, donde el equipo utilizado posee un cristal de cuarzo, el cual vibra cuando se aplica un voltaje, generándose alto poder de penetración y sensibilidad, empleándose equipos de pruebas sónicas. (Carmona, 2013, pág. 48)



Figura 39. Medidor de espesores por ultrasonido
Fuente: (Herramientas, 2014)

- **Radiografía Industrial (RT)**, se basa en la absorción diferencial de radiación originada por la diferencia de masas, detectándose a través de una película, medida por detectores electrónicos utilizados, usándose dicho ensayo en la inspección de fundiciones, forja y soldaduras, aplicándose en la mayoría de materiales, revelando la naturaleza interna del material, para lo cual se usa equipos de Rayos X y máquinas reveladoras de placas radiográficas. (Carmona, 2013, págs. 51,52,53)

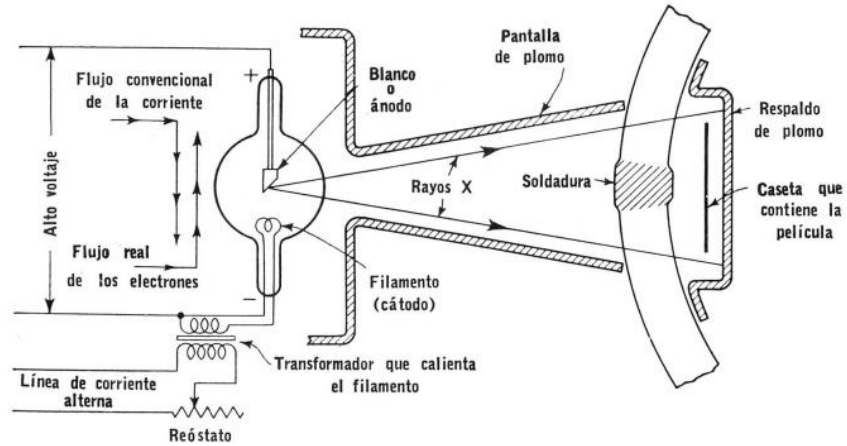


Figura 40. Esquema aparato radiográfico rayos X
Fuente: (Carmona, 2013, pág. 53)

2.5.2. Normas para Ensayos no Destructivos

Las siguientes normas sirven para validación, criterios de aceptación y rechazo de los END.

2.5.3. AWS D1.1, sección 6.14.5

La norma (AWS D1.1/D1.1M, 2004), en la sección 6.14.5., recomienda realizar los ensayos de tipo PT (Líquidos Penetrantes), para detectar discontinuidades en el elemento, mediante estándares de aceptación establecidos.

2.5.4. AWS D1.1, sección 6.10

La Norma (AWS D1.1/D1.1M, 2004), sección 6.10, indica que además de realizar la inspección visual, se recomienda utilizar ensayos de tipo PT (líquidos penetrantes) y MT

(partículas Magnéticas), para evaluar las soldaduras en conformidad de la sección 6.14.4 ó 6.14.5.

2.5.5. AWS B1.10. Tabla 7

La Norma AWS B 1.10, es una Guía recomendada, aplicada para Ensayos No Destructivos en Soldaduras.

Tabla 7
Common Weld Examination Methods vs. Discontinuities

Discontinuities	Examination Methods						
	RT	UT	PT	MT	VT	ET	LT
Porosity	A	O	A	O	A	O	O
Slag inclusions	A	A	A	O	A	O	U
Incomplete fusion	O	A	A	O	O	O	O
Incomplete penetration joint	A	A	A	O	O	O	U
Undercut	A	U	A	O	A	O	U
Overlap	U	U	A	A	O	O	U
Cracks	O	A	A	A	A	A	O
Laminations	U	A	A	A	A	U	U

Legend:

RT: Radiographic examination

UT: Ultrasonic testing

PT: Penetrant examination

MT: Magnetic particle examination

VT: Visual testing

ET: Electromagnetic examination

A: Applicable method

O: Marginal applicability

Fuente: (AWS B1.10M/B1.10, 2009)

2.5.6. ASTM E165

Según la norma (ASTM E:165-02, 2002), recomienda:

Utilizar las tintas penetrantes para discontinuidades, como fisuras, juntas, pliegues, cierres en frío, laminaciones, pérdidas pasantes o falta de fusión.

El líquido penetrante que puede ser visible o fluorescente, se debe aplicar de manera uniforme a la superficie, permitiendo que ingrese a las discontinuidades abiertas; después de un tiempo adecuado el exceso de penetrante deberá ser removido de la superficie, para posteriormente aplicar un revelador que permitirá observar la presencia de discontinuidades.

Requerimientos:

Se debe tener presente las siguientes directrices:

1. Límite de Temperatura: 4° a 52° C
2. Acondicionamiento de la superficie, el cual puede brindar resultados satisfactorios del soldado efectuado.
3. La remoción de aceites, grafito, escamas, entre otros, debe hacerse mediante el uso de solventes.
4. Remoción de contaminantes superficiales, a través de una pre limpieza.
5. Secado después de la limpieza.
6. Aplicación del penetrante.
7. Tiempo de penetración
8. Remoción del penetrante
9. Secado
10. Aplicación del revelador
11. Tiempo de revelado
12. Observación del sangrado de las discontinuidades producidas en las piezas.

2.5.7. ASTM E1220

Se trata del método consistente en realizar pruebas estándar para ensayos de materiales, usando procesos extraíbles por solventes, el cual cubre los procedimientos visibles utilizando los procesos de eliminación de disolventes, usados para detectar discontinuidades en grietas, superficies abiertas, porosidades y laminaciones, con límites de temperatura del penetrante y la superficie de la pieza de 40 a 120°C. (ASTM E1220-99, 1999)

2.5.8. ASTM E433

La Norma (ASTM E433-71, 2008), recomienda estándares referenciados para Ensayos por Tintas Penetrantes para establecer como un medio para los tipos y características de las discontinuidades detectables por el método, pudiendo utilizarse como medio de aceptación o rechazo.

2.5.9. ASTM E797

Finalmente, la última Norma a tener presentes es la ASTM E797, cuya base del procedimiento de medición de espesores por ultrasonido permite evaluar los resultados de aceptación o rechazo, donde el informe emitido con las tolerancias resultantes, deberán compararse con las dadas en la Norma; donde la técnica a aplicarse será de contacto directo.

2.6. Modelado geométrico

El modelado geométrico se conceptualiza en forma matemática o analítica, mediante la representación de objetos físicos, almacenados en un base de datos.

2.6.1. Software para el modelado

El software CAD – CAE, útil para modelado en 2D y 3D, permitiendo plasmar cualquier idea al modo virtual, en un entorno integrado y paramétrico, pudiendo maximizar la productividad, en base a productos creados, diseñados, simulados y manufacturados. (Software CAD, 2015, pág. 12)

En la actualidad el CAD brinda una serie de herramientas, comando pestañas para poder crear, simular, administrar datos, maximizando la innovación y productividad ingenieril, de forma y manera rápida y rentable, ahorrando tiempo y dinero, mediante la innovación de productos definidos y requeridos, en base a un proceso paralelo secuencial.

El software brinda soluciones en las distintas fases del diseño, en base a un conjunto completo de herramientas, que ayudan a mejorar su productividad y eficiencia, en diseño mecánicos, incrementando la productividad en los diseños.

2.6.2. Módulos

En el Software encontramos tres módulos básicos que son:

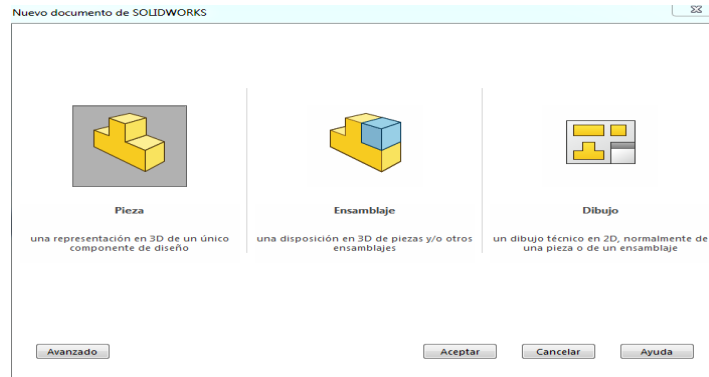


Figura 41. Módulos del CAD
Fuente: (Software CAD, 2015)

a. Pieza

Es el módulo inicial, de la primera operación base, que genera una extrusión, revolución, barrido o recubrimiento, requerido, en función de un croquis o bosquejo inicial definido, donde se muestran los métodos, herramientas y operaciones de diseños. (Software CAD, 2015, pág. 10)

b. Ensamblaje

Es el segundo módulo en el cual sirva para ensamblar las piezas creadas en función de relaciones de posición originadas, utilizando métodos de diseños, requeridos. (Software CAD, 2015, pág. 10)

c. Dibujo

Este módulo se da, para realizar planos, mediante formatos definidos de hojas, vistas, cotas, anotaciones y listas de materiales. (Software CAD, 2015, pág. 10)

2.7. CAE

CAE por sus siglas en Ingles quiere decir Ingeniería Asistida por Computadora, la cual se trata de un conjunto de softwares que permitan analizar y simular diseños de ingeniería, valoradas por sus características propiedades entre otras, incorporándose análisis cinemáticos y estáticos, por elementos finitos (MEF). (Rojas & Rojas, 2006, pág. 9)

2.8. Análisis

El software da la posibilidad de proporcionar análisis similares a las experimentadas en la realidad, mediante funciones definidas y establecidas, por lo que se logra, generar menor número de prototipos, en vista que se modela los productos en un entorno real, se evalúa el rendimiento de los productos definidos desde el diseño, perfeccionándolos. (Software CAD, 2015)

Por lo que mediante el uso del software se puede analizar y validar productos mediante el:

- Modelado de sólidos, vigas, piezas
- Selección de tipo de elemento adaptativo H y P
- Control de Malla
- Diagnóstico de fallos originados en la malla
- Simplificación de herramientas en el mallado
- Condiciones de contacto rígido, de nodo a nodo, de superficie a superficie.
- Selección de conectores deseados como perno, resorte, pasador, soporte elástico y rodamientos.
- Se da además un post procesamiento deseado mediante el uso de contornos, superficie, comparación de diseño, animación de resultados, así como de las propiedades físicas simuladas.
- Analizar el comportamiento estructural de las piezas bajo cargas establecidas
- Fijaciones, restricciones y cargas requeridas.
- Condiciones de carga y temperatura
- Calculo de tensión, deformación unitaria, desplazamiento, factor de seguridad entre otros.
- Simulación de movimiento basados en el tiempo
- Simulación de fatiga.
- Simulación de frecuencia, estructural, pandeo o contracción.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE DISEÑO

3.1. Diseño del bastidor

Para el diseño y construcción de un Go-Kart nos basamos en el modelo Maranello RS12, vehículo de cuatro ruedas no alineadas que están en contacto con el suelo, sus ruedas delanteras son directrices y sus ruedas posteriores las motrices como se indica en la figura 42. Este modelo es el más indicado por el material y por los componentes a instalarse

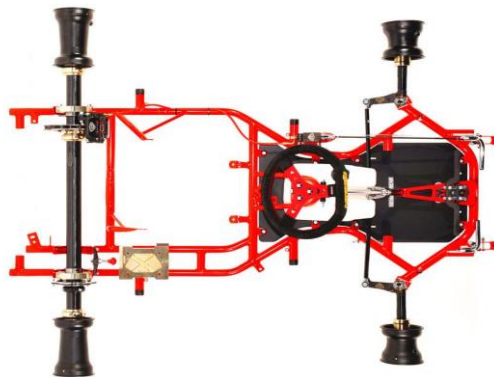


Figura 42. Chasis de un go-kart maranello RS12.
Fuente: (FIA, 2011)

3.2. Diseño

Para establecer un diseño según el formulario de homologación de la CIK-FIA que reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones del chasis.

El fabricante puede modificarlos por extensión, pero solo dentro de los límites establecidos por las regulaciones CIK-FIA vigentes.

Según el Reglamento Técnico del Karting (Anexo A), el Go-Kart debe cumplir con las siguientes especificaciones técnicas:

- Cilindrada del motor: 100 a 250 CC.
- Distancia entre ejes: 101cm a 127cm / 1010mm a 1270mm
- Ancho mínimo: 2/3 de la distancia entre ejes
- Longitud máxima: 182cm / 1820mm
- Ancho máximo: 140cm / 1040mm
- Altura máxima: 60cm / 600mm

En el reglamento se establecen las siguientes exigencias:

- Chasis de construcción tubular de sección cilíndrica en acero.
- Estructuras monolíticas para las piezas soldadas no desmontables, sin conexiones (móviles dentro 1, 2 ó 3 ejes).
- Flexibilidad del chasis correspondiente a los límites de elasticidad de la construcción tubular.
- Todas las piezas principales de los chasis estarán fijadas sólidamente unas con las otras o al chasis.
- Una construcción rígida es necesaria, a pesar de las articulaciones (móviles dentro

1,2 ó 3 ejes).

- Las conexiones articuladas no son admitidas con el soporte convencional de la manecilla del eje y la dirección.
- Todo dispositivo de amortiguación hidráulica o neumático contra las oscilaciones está prohibido.
- El eje posterior ha de tener un diámetro exterior máximo de 50mm y un espesor de pared mínima en todo el tubo de 1.9mm.

La FIA junto con la CIK presentan ciertos parámetros para empezar la construcción de un kart, donde se establece con detalle características de cada modelo.

a) Formulario

En el presente formulario de datos se detalla la marca, el constructor, modelo, categoría a la que será designada al kart y la validación de la homologación. Este el punto de partida para la detallar el modelo.

Tabla 8
Formulario para la designación del chasis.



COMISIÓN
 INTERNACIONAL DE
 KARTING – FIA



CHASSIS FRAME / MARCO DE CHASIS		
Make	Marca	MARANELLO
Manufacturer	Constructor	C.R.G. S.p.A.
Model	Modelo	RS12
Category	Categoría	KF4 – KF3 – KF2 – KZ2
Validity of the homologation	Validación de la homologación	6 years/años

Fuente: (FIA, 2011)

b) Dimensiones

Se detalla las medidas del chasis, con su tolerancia máxima, la misma que se rige en la homologación del kart.

La acotación viene de la norma vigente, la cual nos indica el diámetro y la ubicación específica del tubo.

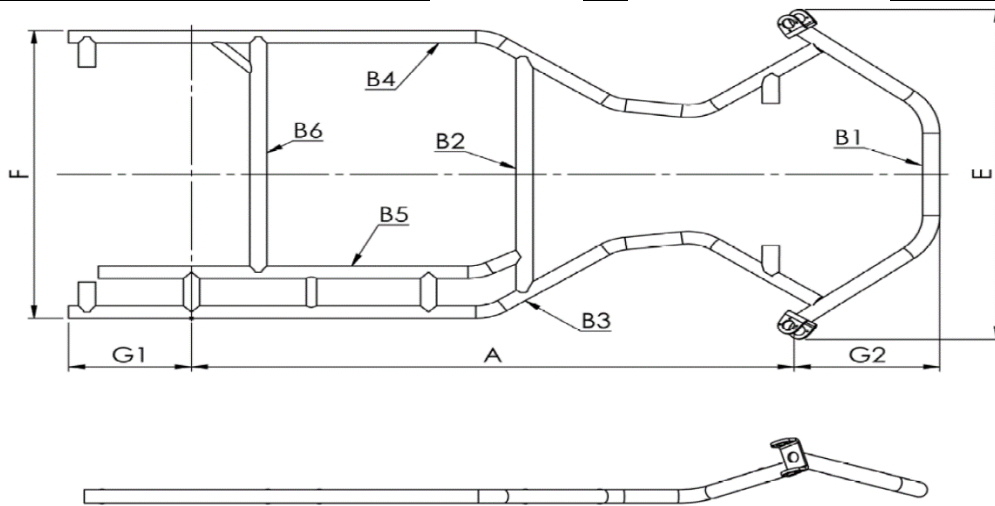
El dibujo técnico se usa para identificar la estructura y la geometría principal del marco. (Numeración de dimensiones y tubos según la tabla 9).

En los puntos B, C y D, solo deben tomarse los tubos principales de una longitud superior a 150mm. Debemos considerar excluir todos los soportes para accesorios. (FIA, 2011)

Tabla 9

Tabla de datos del Bastidor

DIMENSIONES		
1.- Marco	Datos	Tolerancias
A = Mediciones fijas de la base.	1050	+/- 10mm
B = Tubos principales de la estructura, diámetro mínimo de 21 mm, longitud superior a 150 mm, excepto los tubos con un diámetro de menos de 21 mm y todos los soportes para los accesorios.	1) 30	+/- 5mm
	2) 30	+/- 5mm
	3) 28	+/- 5mm
	4) 28	+/- 5mm
	5) 28	+/- 5mm
	6) 30	+/- 5mm
	7) .	+/- 5mm
	8) .	+/- 5mm
	9) .	+/- 5mm
	10) .	+/- 5mm
C = Número de curvas en los tubos con un diámetro mayor que 21mm	9	---
D = Número de tubos con un diámetro mayor que 21mm.	6	---
E = Ancho del frente exterior.	740	+/- 10mm
F = Ancho posterior exterior.	645	+/- 10mm
G1 = Voladizo posterior para el tubo principal (obligatorio).	210	+/- 15mm
G2 = Voladizo delantero para el tubo principal.	260	+/- 10mm



Fuente: (FIA, 2011)

c) Marca de homologación

Placa ubicada en el kart, en donde se detalla la marca del fabricante, modelo, número de homologación y número de producciones.

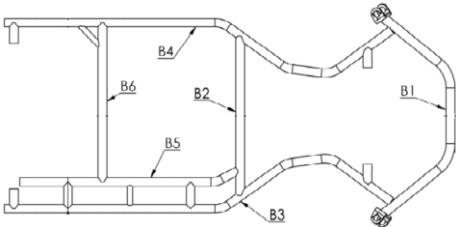
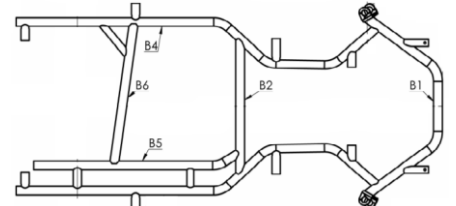
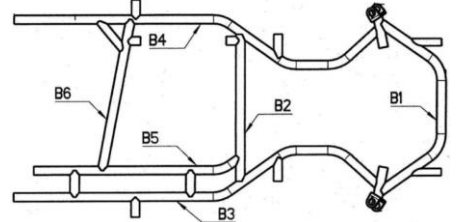


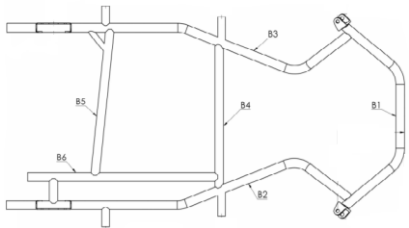
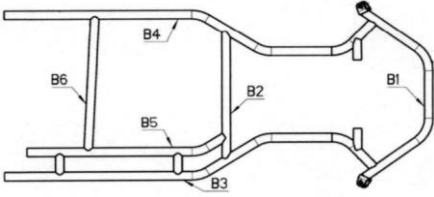
Figura 43. Placa de especificaciones de producción.
Fuente: (FIA, 2011)

3.3. Selección de alternativas

De acuerdo a los tipos de chasis de un Go-Kart tenemos las siguientes alternativas:

Tabla 10
Alternativas sobre modelos de bastidores

Modelo	Diámetro (mm)	Peso (Kg)	Número de curvas	Esquema del bastidor
RS12	-B1: 30 -B2: 30 -B3: 28 -B4: 28 -B5: 28 -B6: 30	8	9	
MK4	-B1: 32 -B2: 32 -B3: 30 -B4: 30 -B5: 30 -B6: 32	10	9	
RS7	-B1: 32 -B2: 32 -B3: 30 -B4: 30 -B5: 30 -B6: 32	10	9	

MK1	-B1: 32 -B2: 32 -B3: 30 -B4: 30 -B5: 30 -B6: 32	10	9	
RS10	-B1: 32 -B2: 32 -B3: 30 -B4: 30 -B5: 30 -B6: 32	9.5	9	

Fuente: (FIA-Homologations, 2010)

De acuerdo a la tabla 10, todos los modelos tienen el mismo número de curvas y número de juntas para la soldadura, el peso de la estructura se lo distingue por la diferencia de diámetros siendo un factor muy influyente en el Karting.

Se decide escoger el modelo RS12, por su peso y proceso de construcción, influyendo el diámetro de los tubos sobre todo en el B6 (30mm), que es el soporte de sus extremos, el tubo B5 y B4 (28mm).

Los tubos B1, B2 y B6 tienen un diámetro de 30mm, los tubos B3, B4 y B5 tienen un diámetro de (28mm), este es un dato relevante para el peso final de la estructura.

El modelo RS12 es el más apto para los componentes a instalarse en la estructura, como el motor del mismo, estacionario con dirección antihorario, por lo que la transmisión se ubicará entre los tubos B5 y B4. También en el soporte trasero del asiento ubicado en el tubo B6, tiene una transversal con 90 grados respecto a los largueros laterales (B4 y B5), lo cual no influye en problemas de fricción o restricción con la posición del embrague

centrifugo, Catarina trasera y cadena.

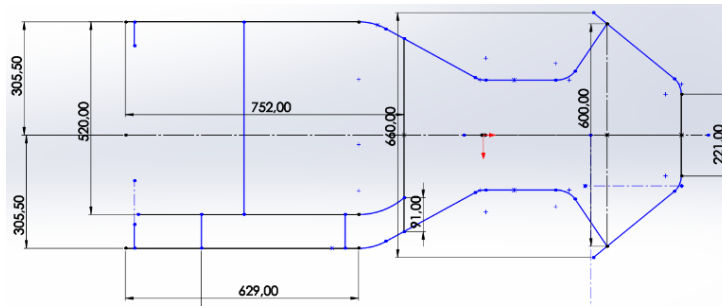
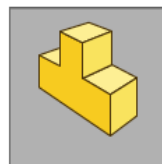


Figura 44. Bosquejo del diseño.

3.4. Modelado

El modelado se inicia seleccionando, el módulo requerido, como es el de pieza.



Pieza

una representación en 3D de un único
componente de diseño

Figura 45. Módulo pieza

Una vez definido el módulo de pieza, se procede a determinar las unidades requeridas para trabajar, las mismas que se dan en el sistema MMGS, que quiere decir mm, gramos y segundos.

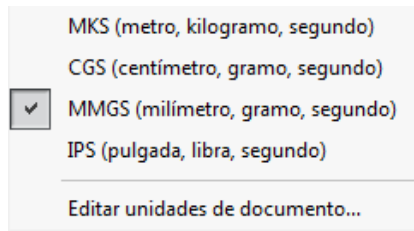


Figura 46. Sistema MMGS

El siguiente paso a darse es la selección del plano o vista, en la que se desee trabajar.

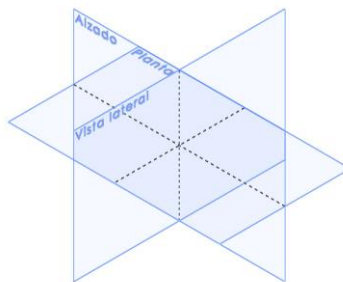


Figura 47. Vistas del módulo

En base al plano elegido se procede a croquizar o bosquejar en Croquis 3D.

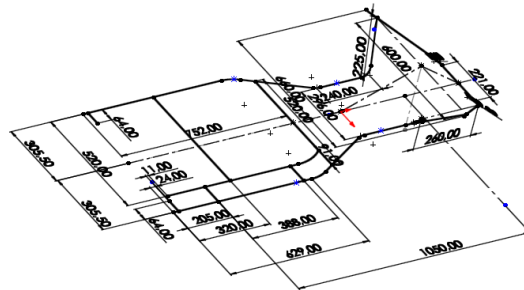


Figura 48. Croquis 3D de la estructura principal

Una vez croquizado se procede a modelar, con el tubo requerido, con diámetro \emptyset 1.25"x 2mm.

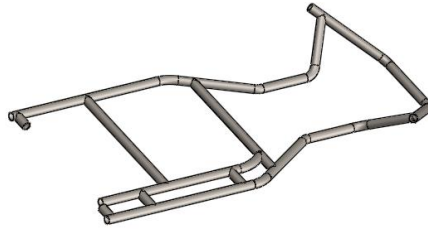


Figura 49. Modelado de la base en 3D del croquis.

Finalmente, mediante la ayuda de operaciones como son, extruir saliente, cortar saliente, recortar / extender y simetría, se procede a generar detalles en el Bastidor.

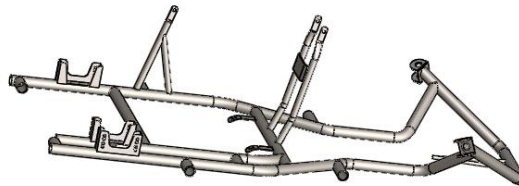


Figura 50. Modelado Total del Bastidor.

Ya que en el país no se cuenta con el material de construcción de un Go-Kart como es el Cromo Molibdeno, una vez definida la estructura se procede a colocar el material establecido, el cual es el ASTM A36.

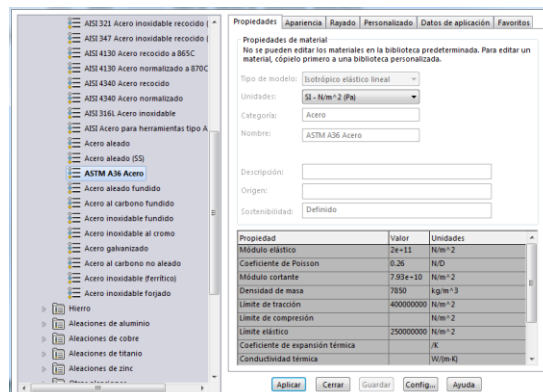


Figura 51. Selección de material en el CAD

3.5. Cálculos de Cargas

Para el diseño del sistema estructural se han tomado las siguientes cargas:

Estáticas

- Carga muerta
- Carga viva

Dinámicas

- Carga de frenado
- Carga de giro
- Carga de resistencia al aire frontal
- Carga de aceleración brusca

3.5.1. Estático

Carga muerta (M)

$M_t=58.8\text{Kg}$ (Peso del Go-Kart con todo sus componentes) Tabla 2.

$$M = M_t * g$$

$$M=58.8\text{Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$M=576.24 \text{ N}$$

Carga viva (V)

$V_t = 79 \text{ Kg}$ (ya que el vehículo será conducido por el estudiante)

$$V = V_t * g$$

$$V = 79 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$V = 774.2 \text{ N}$$

3.5.2. Dinámico

Carga de frenado (F)

$a = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (Valor establecido por la Norma INEN 2313)

$$F = M_t * a$$

$$F = 58.8 \text{ Kg} * 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = 235.2 \text{ N}$$

Carga de aceleración brusca (Ab)

$$A_b = M_t * (-a)$$

$$A_b = 58.8 \text{ Kg} * \left(-4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$A_b = -235.2 \text{ N}$$

Carga de giro (G)

$$V = 90 \text{ km/h} = 25 \text{ m/s} \text{ (Velocidad establecida por la norma INEN 2313)}$$

$$r = 350 \text{ m (Radio de Curvatura en pista)}$$

$$G = (M_t + V_t) * \frac{V^2}{r}$$

$$G = (58.8 + 79) \text{ Kg} * \frac{(25 \text{ m/s})^2}{350 \text{ m}}$$

$$G = 246.07 \text{ N}$$

Carga por resistencia del aire frontal (Raf)

$$\rho = 0.18056 \text{ m}^2 \text{ (Densidad del aire)}$$

$$C_x = 0.7 * 1.225 \text{ kg/m}^3 \text{ (Coeficiente de resistencia aerodinámica)}$$

$$A_f = 0.18056 \text{ m}^2 \text{ (Área correspondiente a la proyección)}$$

$$Raf = \frac{C_x * \rho * A_f * V^2}{2}$$

$$Raf = \frac{0.7 * 1.225 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.18056 \text{ m}^2 * (25 \text{ m/s})^2}{2}$$

$$Raf = 48.3844 \text{ N}$$

3.6. Análisis

Al desarrollarse el modelado se continua con el análisis de la siguiente manera. En

base a la selección de una estructura planteada, donde se toman en cuenta las piezas que van a soportar las cargas y a la definición del material se procede a iniciar el análisis con la selección del tipo de simulación, escogiendo el análisis estático, se utilizará este de modo que se establece las cargas.

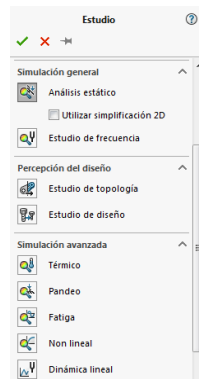


Figura 52. Selección de tipo de análisis

El siguiente paso se da, en base a una geometría fija, donde se procede delimitar las sujeciones. Ubicadas en las manguetas de dirección delanteras y soportes del eje trasero porque son los principales puntos de anclaje del Go-Kart.

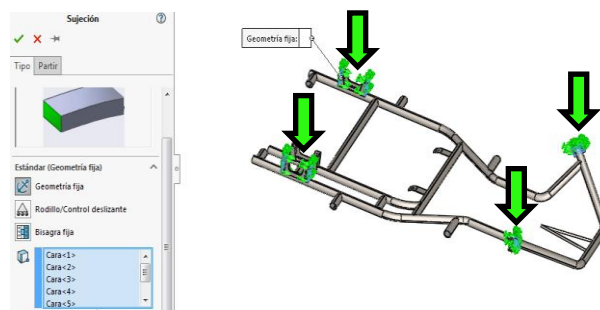


Figura 53. Sujeciones de geometría fija

Se analizará como es el proceso de diseño, en el cual deben resistir esfuerzos determinados en base a las combinaciones establecidas por el método LRFD, el cual

determina factores por la norma AISC y AISI (Las combinaciones básicas, estructuras y componentes se diseñará de modo que su resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas factorizadas en todas las combinaciones) para la estructura ya que se analizará la parte más susceptible a deformación, que según la norma (INEN2313, 2009) se efectúan todas las combinaciones. De manera que se seleccionará la tercera combinación ($1.2 M + 0.5 V + 1.6 G$), se procede a definir las cargas, como:

$$1.2 M + 0.5 V + 1.6 G$$

De modo que, reemplazando los valores ya obtenidos de carga muerta, carga viva y carga de giro, se obtiene el valor total de la combinación tres (Ecuación 9):

$$1.2 M + 0.5 V + 1.6 G = [(1.2 * 576.24) + (0.5 * 774.2) + (1.6 * 246.07)]N$$

$$1.2 M + 0.5 V + 1.6 G = 1472.3 N$$

La carga muerta definida anteriormente, está distribuida en los siguientes componentes: (motor, cadena, eje posterior, manguetas delanteras, asiento y accesorios), de tal manera que se debe.

Donde se tiene lo siguiente:

$$M = M_1 + M_2$$

Se procede a determinar M_1 , el cual proviene del peso originado por el motor, cadena, eje posterior, asiento y accesorios, dando como resultado:

$$M_1 = 44.4 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$M_1 = 435.12 \text{ N}$$

Finalmente, en M_2 , se da del peso originado por las manguetas delanteras el cual es de: 4.4 Kg, dando como resultado la siguiente carga:

$$M_2 = 4.4 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$M_2 = 43.12 \text{ N}$$

Luego de establecer las cargas se procede a instaurar su valor en el software, mediante la combinación seleccionada, La carga M_2 se ubica dónde va el motor. La carga M_3 se la visualiza en la parte delantera, en los soportes de las manguetas de dirección, como se indica a continuación.

$$M_1 = 435.12 \text{ N} * 1.2$$

$$M_1 = 522.144 \text{ N}$$

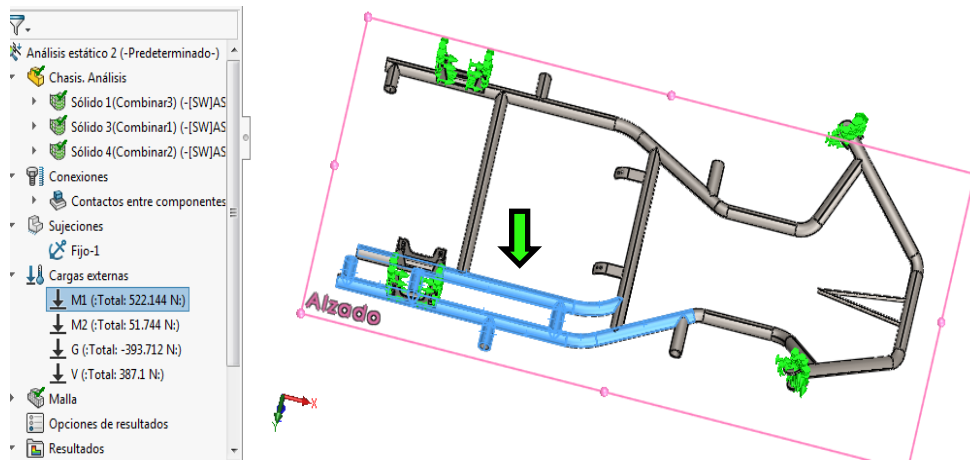


Figura 54. Aplicación de carga muerta M_1 .

$$M_2 = 43.12 \text{ N} * 1.2$$

$$M_2 = 51.744 \text{ N}$$

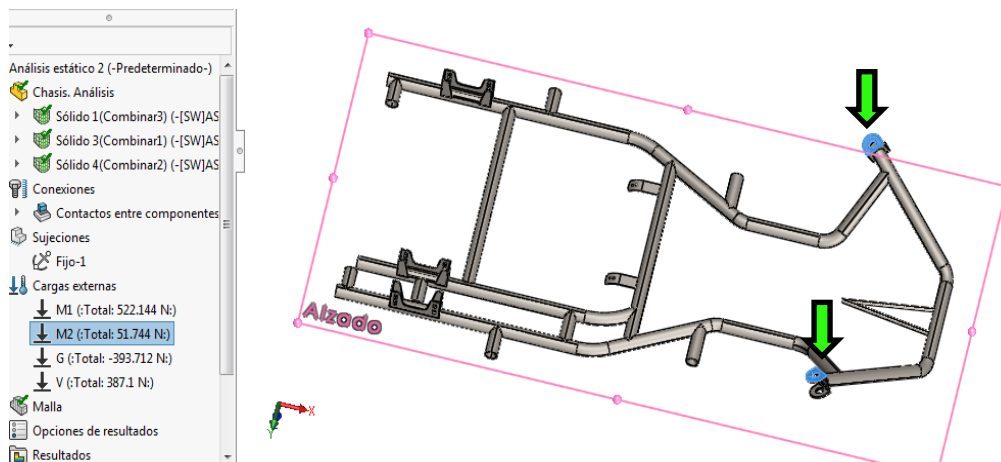


Figura 55. Aplicación de carga muerta M_2 .

Obteniendo como resultado total:

$$M = M_1 + M_2$$

$$M = (522.144 + 51.744) \text{ N}$$

$$M = 573.9 \text{ N}$$

Se ubica la carga de giro en el software:

$$G = 246.07 \text{ N}$$

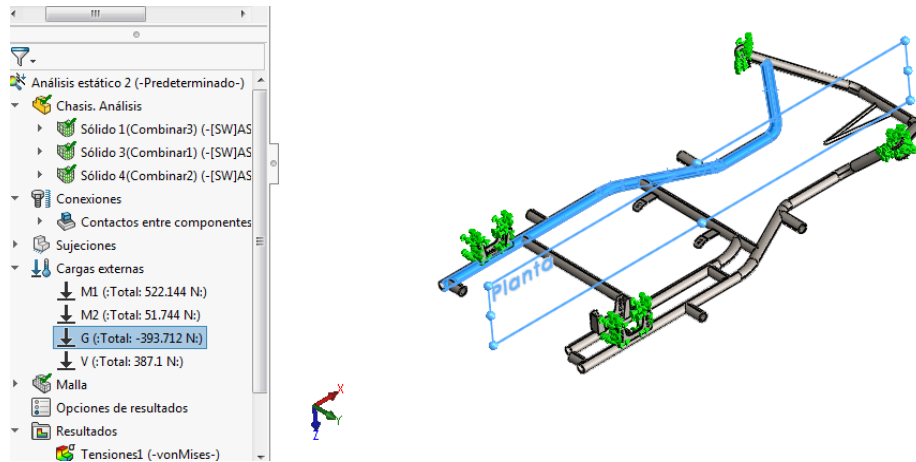


Figura 56. Aplicación de carga de giro G .

Por último, se ubica la carga viva ya calculada, para ello se selecciona todas las partes que se distribuye esta carga:

$$V = 774.2 \text{ N}$$

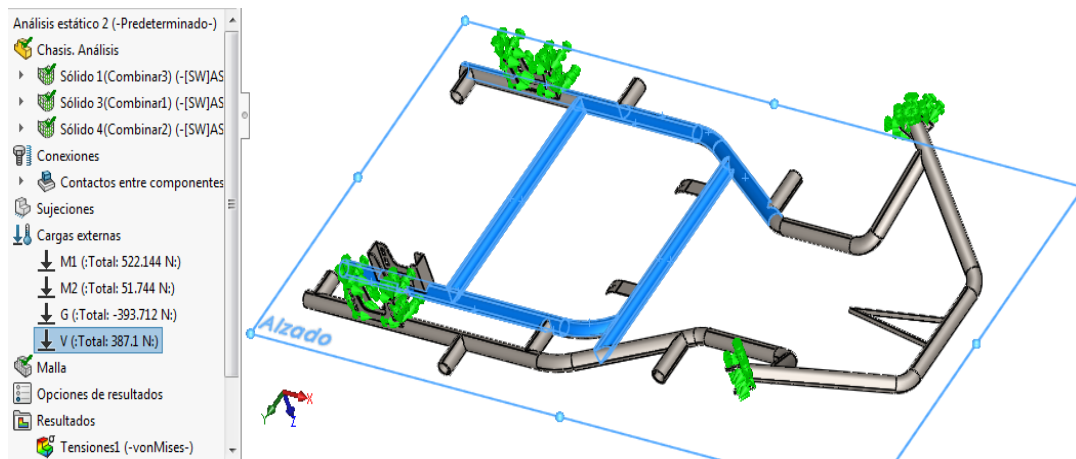


Figura 57. Aplicación de carga viva (V)

Definido las sujeciones, conexiones y cargas se proceden a mallar con una densidad fina, establecida en 2.5114341 mm, obteniendo el siguiente resultado.

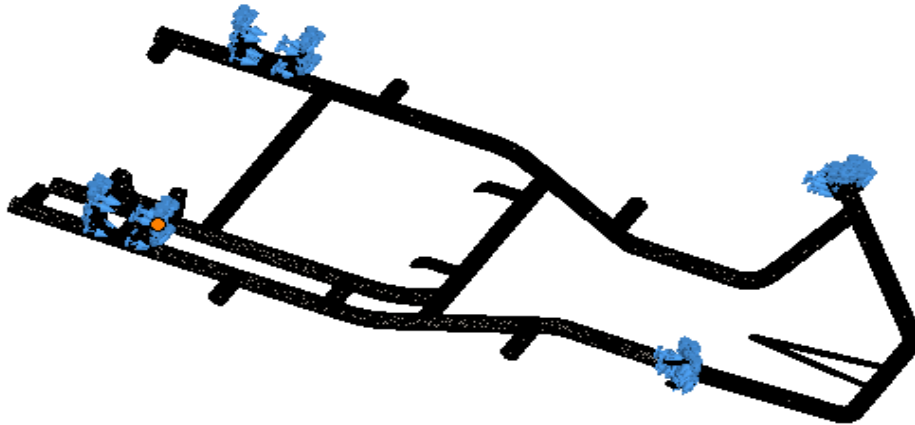


Figura 58. Mallado

Finalmente se da la ejecución del estudio originando los resultados indicados a continuación.

3.7. Simulación

Las combinaciones de carga, generadas en la estructura según el método LRFD son:

1. $1.4 M + V$ (Anexo A1)
2. $1.2 M + 1.6 V + 0.5 G$ (Anexo A2)
3. $1.2 M + 0.5 V + 1.6 G$ (Anexo A3)
4. $1.2 M + 1.6 F + 0.8 Raf$ (Anexo A4)
5. $1.2 M + 0.5 V + 0.5 F + 1.3 Raf$ (Anexo A5)
6. $1.2 M + 1.5 Ab + 0.5 V$ (Anexo A6)

7. 0.9 M – 1.3 Raf (Anexo A7)

8. 0.9 M + 1.3 Raf (Anexo A8)

3.7.1. Análisis de simulación

Para hallar la parte más susceptible a deformación, se analiza el resultado de las ocho combinaciones establecidas por la norma (INEN2313, 2009), de modo que primero se fijan las combinaciones con el factor de seguridad más bajo, los cuales son la combinación (uno, dos, tres y cinco), de estas cinco combinaciones se determinará cual tiene el mayor desplazamiento, siendo esta la combinación número tres, con un factor de seguridad de 3.4 y un desplazamiento de 1.92mm. Los resultados generados durante el análisis son:

Tabla 11

Análisis de resultados

N.º	Combinación	Resultado
1	1.4 M + V	Tensiones: 1.27 e+07 (N/m2). Desplazamiento: 1.307 mm Factor de Seguridad (FDS): 3
2	1.2 M + 1.6 V +0.5 G	Tensiones: 1.56 e+07 (N/m2). Desplazamiento: 1.74 mm Factor de Seguridad (FDS): 2.2
3	1.2 M + 0.5 V + 1.6 G	Tensiones: 1.605 e+07 (N/m2). Desplazamiento: 1.92 mm Factor de Seguridad (FDS): 3.4
4	1.2 M + 1.6 F + 0.8 Raf	Tensiones: 1.21 e+07 (N/m2). Desplazamiento: 0.695 mm Factor de Seguridad (FDS): 4.8
5	1.2 M + 0.5 V + 0.5 F + 1.3 Raf	Tensiones: 1.46 e+07 (N/m2). Desplazamiento: 0.884 mm Factor de Seguridad (FDS): 3.9
6	1.2 M + 1.5 Ab + 0.5 V	Tensiones: 9.520 e+06 (N/m2). Desplazamiento: 0.854 mm Factor de Seguridad (FDS): 4
7	0.9 M – 1.3 Raf	Tensiones: 8.773 e+06 (N/m2). Desplazamiento: 0.439 mm Factor de Seguridad (FDS): 6.7

Fuente: CAD

- **Tensiones**, las tensiones máximas originadas, en la escala de VON Mises, es de color celeste, según el código de colores, con un valor promedio de 1.605 e+07 (N/m²) o 16.05MPa. Este valor nos indica el esfuerzo equivalente de VON Mises, el mismo que se encuentra por debajo del límite de fluencia del material utilizado, se puede visualizar que esta combinación es capaz de funcionar sin presencia de falla en condiciones extremas.

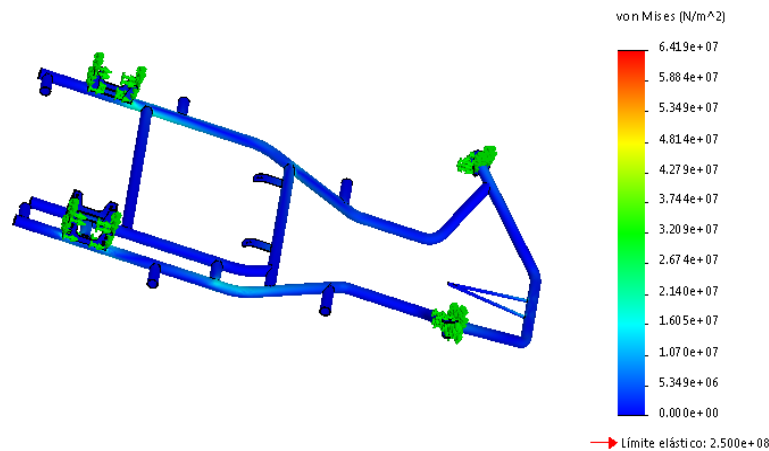


Figura 59. Tensiones

- **Desplazamiento**, los desplazamientos máximos producidos, en la estructura es de 1.92 mm, como se indican en la figura 60.

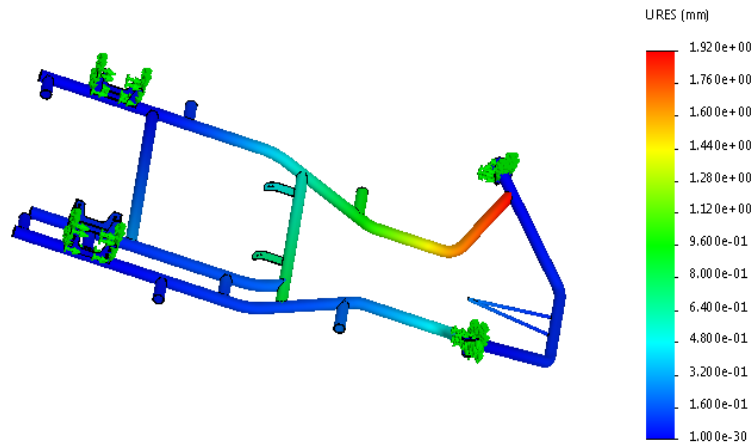


Figura 60. Desplazamiento

- Factor de Seguridad**, en base al criterio de la Tensión Normal Máxima (Denominada para materiales dúctiles, la cual debe ser menor a la resistencia última del material para determinar que el mismo no vaya a sufrir ruptura), se tiene el valor de 3.4, el cual no es aceptable, porque según (Mott, 2006, pág. 185), el FDS, recomendado para el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas, bajo cargas dinámicas, con alguna combinación de cargas definidas, debe ser mayor o igual a 4.



Figura 61. Factor de Seguridad

Como se puede observar la tabla 11, la tensión máxima generada se da en la combinación tres y se la visualiza en la figura 59, donde las juntas del soporte trasero del asiento sufren este fenómeno. En la figura 60, se aprecia el mayor desplazamiento obtenido en simulación, donde la soldadura de las manguetas está sometida a un máximo desplazamiento, aquí se visualiza un punto susceptible a falla. La norma (INEN2313, 2009), nos indica que las combinaciones básicas, estructuras y componentes se diseñarán de modo que su resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas factorizadas en todas las combinaciones.

3.8 Construcción

Para la construcción del bastidor se inicia con la lista de materiales, se basa en las Normas dispuestas por la CIK y FIA. Posterior a esto con una hoja de procesos.

a) Lista de materiales

Se parte desde la selección del tipo de bastidor, con lo cual se procede a utilizar solo dos medidas de tubos para su construcción, la base de la estructura y los soportes del asiento y columna de dirección.

Tabla 12
Lista de Materiales

Sección	Denominación	Diámetro exterior	Espesor	Peso	Cantidad
	Pulgadas	mm	mm	Kg/m	#

Tubería Estructural Norma INEN 2415					
Redondo	$\frac{3}{4}$	19,05	1,5	0,67	1
Redondo	$1\frac{1}{4}$	31,75	2	1,48	1

Fuente: (Novacero, 2016)

b) Proceso de construcción

Se parte desde los tubos doblados por lo cual se adjunta la siguiente hoja de procesos de soldadura, en la cual se detalla las juntas del bastidor.

Tabla 13
Hoja de procesos

1. HOJA DE PROCESOS

Nombre del proceso: Soldadura MIG
HOJA N°: 1 de 1

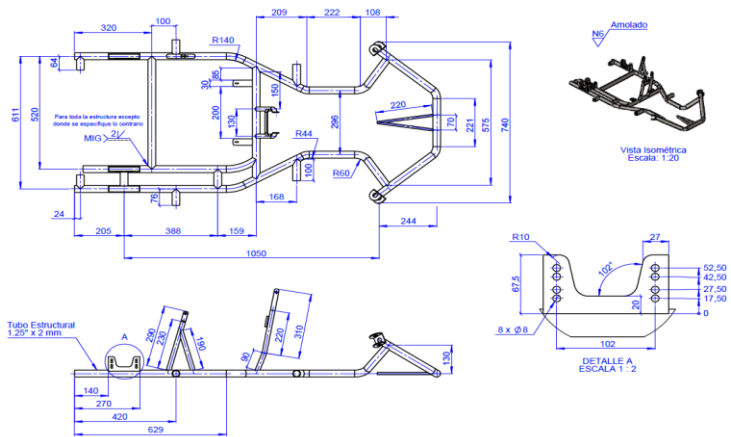
Responsable:

- Cristian Omar Garcés Espinoza
- Juan Francisco Cevallos Mino

PARAMETROS DE TRABAJO:

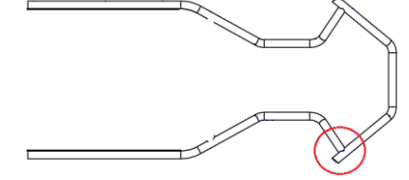
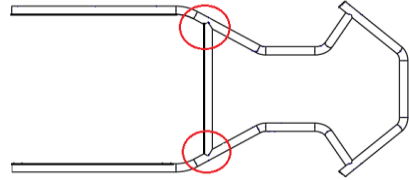
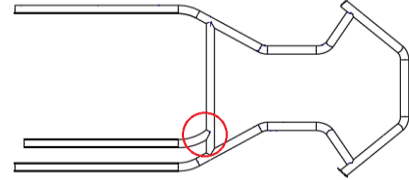
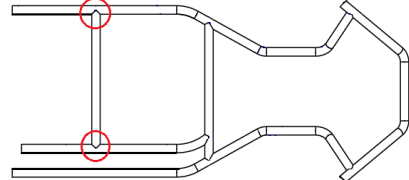
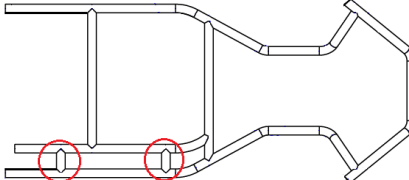
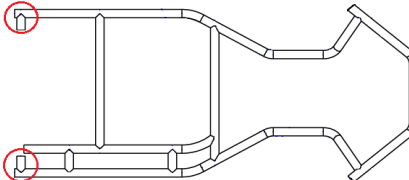
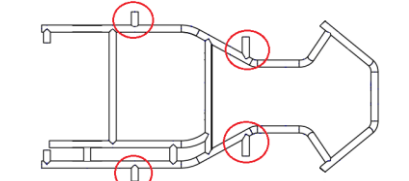
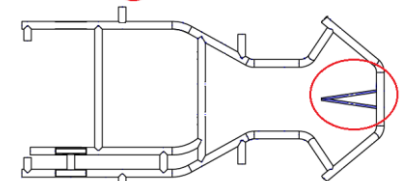
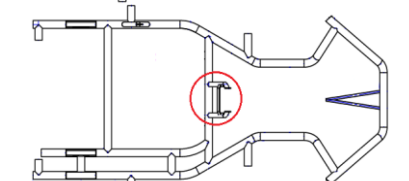
- Espesor del material: 2mm
- Diámetro del alambre: 0.8mm
- Amperaje: 110 A
- Voltaje: 16 V
- Material depositado: 0.04 kg/m
- GAS: Argón con CO₂

Revisa: Ing. Mauricio Cruz
Autoriza: Ing. Mauricio Cruz



Longitud: 1050mm
Altura: 560mm

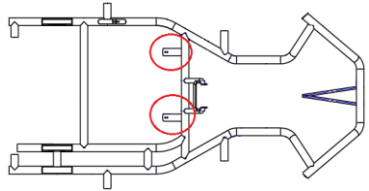
OPERACIÓN	PREPARACIÓN	OPERACIONES HERRAMIENTAS	CROQUIS DE OPERACIÓN
Soldadura Lateral Izquierdo	Muesca	MIG	

Soldadura Lateral Derecho	Muesca	MIG	
Soldadura Soporte delantero del asiento	Muesca a ambos lados	MIG	
Soldadura Segundo Lateral Derecho	Muesca	MIG	
Soldadura Soporte Trasero del Asiento	Muesca	MIG	
Soldadura Separadores de Laterales Derechos	Muesca	MIG	
Soldadura de los Topes Posteriores	Muesca	MIG	
Soldadura de los Soportes para los Pontones Laterales	Muesca	MIG	
Soldadura del Soporte para la Columna de Dirección	Muesca	MIG	
Soldadura del Soporte para el Tanque de Combustible	Muesca	MIG	

Soldadura de las Placas del Soporte del Asiento

Corte plano

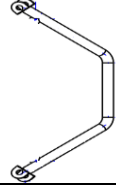
MIG



Soldadura de mangueta delantera

Muesca

MIG



CAPÍTULO IV

4. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Las pruebas se realizaron en el centro de fomento productivo metalmecánico carrocerero, donde existen una serie de procedimientos para cada ensayo no destructivo que se detallará a continuación mediante cada ensayo. En los documentos de referencia se puede observar las normas del procedimiento de cada ensayo y criterios de aceptación y rechazo, efectuados bajo nivel de certificación de los analistas:

Documentos de referencia

- AWS D1.1, sección 6.14.5
- AWS D1.1, sección 6.10
- AWS B1.10, tabla 3
- ASTM E165
- ASTM E1220
- ASTM E433

4.1. Inspección visual (VT)

En este tipo de ensayos se requiere de una gran información acerca de las características y propiedades de la estructura a inspeccionar.

a) Objetivo

Inspección y garantía sobre el control de calidad y el cumplimiento de los tamaños de soldaduras de filete y soldaduras acanaladas o a tope mediante la aplicación del examen de inspección visual sin herramienta alguna.

b) Códigos y documentos aplicables

Interpretación de varios ensayos no destructivos debido a que existen en los diferentes códigos (ASME, AWS D 1.1, AWS D 1.5) ensayos no destructivos, inspección y procedimientos de fabricación de los cuales es fundamental la inspección visual.

c) Requisitos generales

Como principal requisito tenemos a la estructura del Go-Kart con 14 puntos de identificación en la soldadura (Del A1 al A14), las cuales serán evaluadas de forma visual.

Requerimientos del procedimiento:

- Como debe llevarse a cabo la inspección.
- Tipo de condición disponible de superficie.
- Instrucciones de limpieza.

- Método o herramienta para preparación de la superficie, si se requiere.
- Si debe utilizar visión directa o remota.
- Iluminación especial, instrumentos, equipo, si se requiere.
- Secuencia de realización de la inspección, cuando se aplique.
- Datos a ser tabulados, si se requiere.
- Formatos de reportes o requerimientos generales a ser completados.

Requerimientos físicos:

El personal tiene un examen de visión anual para asegurar que posea agudeza visual a una distancia corta, sea esta natural o corregida.

d) Procedimiento de Inspección

Aunque la inspección visual es el método de inspección más pequeño, un procedimiento definido debe ser establecido con el objeto de asegurar un cubrimiento adecuado.

El inspector debe estar familiarizado con los documentos aplicables, los estándares de la mano de obra, y de todas las fases que requiere, una buena práctica de taller. La soldadura debe estar suficientemente iluminada; una lámpara de extensión, un foco de mano debe utilizarse para tal fin si es necesario.

Tabla 14*Lista de procedimientos para VT*

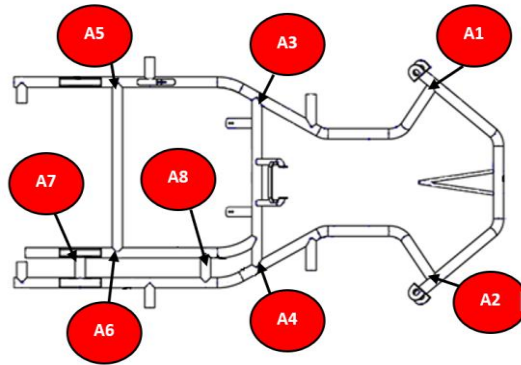
COMPETENCIAS DEL INSPECTOR DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	ANALISTA	DIRECTOR
Realizar la inspección de la estructura	X	X
Realiza el ensayo VT	X	X
Registrar y clasificar los resultados de los ensayos.	X	X
Presentar informes sobre los resultados.	X	X
Realizar el ensayo dentro de los criterios de trabajo seguro, cumpliendo las regulaciones y buenas prácticas de seguridad industrial en este tipo de servicios.	X	X
Realizar el ensayo tomando en cuenta los criterios y regulación de manejo ambiental, cumpliendo con la normativa sobre control ambiental.	X	X
Seleccionar la técnica de END para el método de ensayo VT.	X	X
Definir las limitaciones de la aplicación del método de ensayo VT.		X
Hacer el montaje y verificar el reglaje de los equipos.	X	X
Realizar y supervisar END VT.	X	X
Interpretar y evaluar los resultados de acuerdo con códigos, normas, especificaciones o procedimientos aplicables.	X	X
Preparar instrucciones de END VT.		X
Llevar a cabo y supervisar las tareas del analista.		X
Brindar orientación al analista.		X
Presentar los resultados de los END VT.		X
Presentar instrucciones para el desarrollo de un trabajo seguro, de acuerdo a normas aplicables y revisar su cumplimiento.		X

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

e) Análisis

Mediante el presente ensayo se pudo observar detenidamente los cordones de soldadura en las juntas de la estructura del monoplaza tipo Kart, los cuales según criterios de aceptación en los puntos de muestreo del A1 al A8, cumple con unión estructural en tubería redonda.

Tabla 15
Puntos de inspección en la estructura



N.º	Sección	Estado de la Suelta
1	A1	OK
2	A2	OK
3	A3	OK
4	A4	OK
5	A5	OK
6	A6	OK
7	A7	OK
8	A8	OK

Nota: Se aceptan los puntos de acuerdo a la norma AWS D1.1:2010.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)

4.2. Medición de Espesores por Ultrasonido Industrial (UT)

Este método se basa en la medición de la propagación del sonido en el medio que constituye la pieza a analizar y tiene aplicación en todo tipo de materiales.

a) Objetivo

Establecer los parámetros necesarios para la inspección mediante ultrasonido, para realizar la medición de espesores en los materiales de acuerdo a ASTM E797 / E797M. Basándose en los valores recomendados por la normativa ecuatoriana NTE INEN 2415.

b) Códigos y documentos aplicables

- ASTM E797 / E797M
- ASTM A6 / A6M

c) Requisitos generales

Para empezar la medición de espesores por ultrasonido industrial, se procede con los siguientes ítems:

- **Instrumento Ultrasónico**

El instrumento Ultrasónico debe ser del tipo Pulso Eco para emplearse con palpadores (Transductores) comprendidos entre 1 a 7.5 MHz de frecuencia. La presentación de la pantalla debe ser de tipo Scan.



Figura 62. Medidor de espesores por ultrasonido 45MG
Fuente: (OLYMPUS, 2010)

- **Palpadores (Transductores)**

El espesor del material es de 2mm y 1.5mm por lo que se procede a calibrar el transductor con una grada de espesores (probeta de calibración), para este caso debe ser de 6.25 a 25mm de diámetro con una frecuencia comprendida entre 1 y 7.5MHz. La variación de la probeta ayuda al transductor con la determinación del espesor.



Figura 63. Calibración del medidor de espesores
Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

d) Procedimiento de Inspección

- **Calibración del instrumento**

1. La calibración será realizada ajustando el equipo a los parámetros necesarios como son la velocidad del material, rango establecido, ganancia apropiada, tipo de transductor y frecuencia de transductor.
2. Luego se utilizará probetas de calibración que deberán ser una escalera de espesores o probetas de espesores conocidos de los materiales a realizar la

medición.



Figura 64. Probeta de calibración del transductor
Fuente: (OLYMPUS, 2010)



Figura 65. Escala de la probeta de calibración de 6.25mm a 25mm
Fuente: (OLYMPUS, 2010)

3. Se utilizará la calibración del instrumento 2 valores conocidos del material a utilizar para la medición de espesores.



Figura 66. Calibración de menor medida en el rango de la probeta.
Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)



Figura 67. Calibración de mayor medida en el rango de la probeta.
Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)

4. Se utilizará glicerina para generar el tope entre el transductor y el elemento a realizar la medición, luego ajustaremos los valores en el equipo (6.25mm y 25mm), según el espesor de la probeta ya sea por calibración manual o automática.

- **Procedimiento de recopilación de espesores**

1. Se realiza la inspección previa de la zona y adyacente a la recopilación de espesores, y elimine todos los elementos que interfieran con la libre recopilación y/o medición de espesores.
2. Se realiza la aplicación de la glicerina en la zona previamente limpia, posicione el transductor de haz recto y/o dual en la zona y realice las mediciones previas.
3. La amplitud de la señal RPP debe de mantenerse a un 50% durante la medición.

Nota 1.- Condiciones superficiales o la estructura del grano del material pueden causar el uso de frecuencias altas y/o bajas en la medición de espesores.

Nota 2.- La amplitud de las señales RPP podrían ser menores a 50%, y son aceptados, considerando la rigurosidad superficial del material.

e) Registros

Se deben registrar todos los valores que se encuentren por debajo de la variación de espesores tolerables según el estándar aplicado.

Además, se debe registrar el valor mínimo y máximo de la medición de espesores de área en mención.

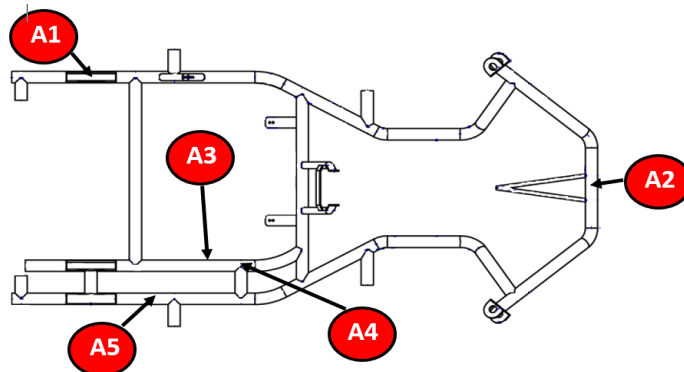


Figura 68. Distribución de puntos de medición tubos de 1 ¼ de pulgada
Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)

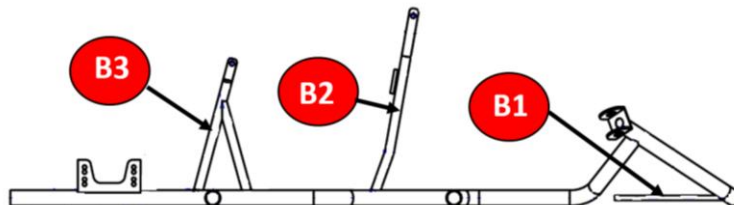








Figura 69. Distribución de puntos de medición tubos de ¾ de pulgada
Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)

Tabla 16*Registro de la medición de espesores por ultrasonido*

Id. de muestra	Diámetro exterior (mm)	Medición 1 (mm)	Medición 2 (mm)	Medición 3 (mm)	Imagen
A1	32.78	2.08	2.05	2.03	
A2	32.48	1.94	1.95	2.00	
A3	32.23	2.05	2.05	2.05	
A4	32.23	1.99	2.02	2	
A5	33.38	2.01	1.97	2.02	
B1	19,22	1.56	1.54	1.55	
B2	19.87	1.62	1.57	1.6	

B3 19.52 1.57 1.52 1.58



Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

A propósito de la medición realizada en los diferentes puntos designados, se procede a comparar los registros con los valores recomendados por la norma NTE INEN 2415 que nos expresa la condición siguiente:

La tolerancia de espesor de la pared medido en cualquier punto de la tubería a una distancia mayor a 50 mm desde los extremos de la misma, no debe ser mayor a +/- 7% del espesor nominal. (INEN 2415, 2008)

Tabla 17

Rango de valores establecidos por la Norma

Tubería	Tolerancia (7%)	Valor Máximo	Valor Mínimo
¾ por 1.5 mm	0.105	1.605	1.395
1 ¼ por 2 mm	0.14	2.14	1.86

Fuente: (INEN 2415, 2008)

f) Análisis

Todos los elementos estructurales inspeccionados de acuerdo a la norma NTE INEN 2415 se encuentran conforme dimensionalmente, se puede observar en la tabla 15, la cual establece la inspección de cinco puntos de medición en los tubos de 1 ¼ por 2mm, correspondientes a la estructura principal (Fig. 68) y tres puntos en los tubos de ¾ por 1.5 mm, correspondientes al soporte de asiento y columna de dirección (Fig. 69).

El punto B2, en la primera medición por la posición del transductor sale de su valor máximo establecido por la norma, pero dentro del promedio cumple la tolerancia.

Se realizaron tres mediciones dentro del mismo punto para obtener un promedio del espesor del material. A continuación, en las siguientes figuras se indica cada punto inspeccionado.

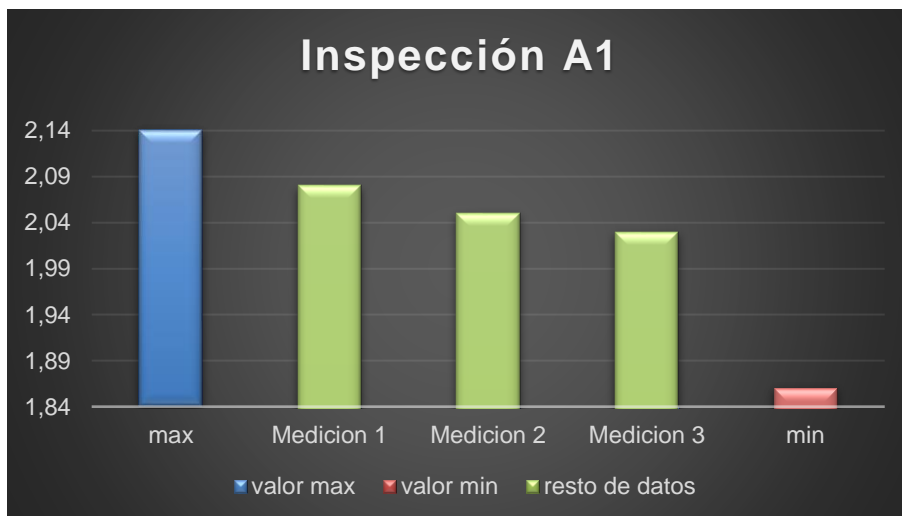


Figura 70. Promedio de espesor en el punto A1 (2.05).

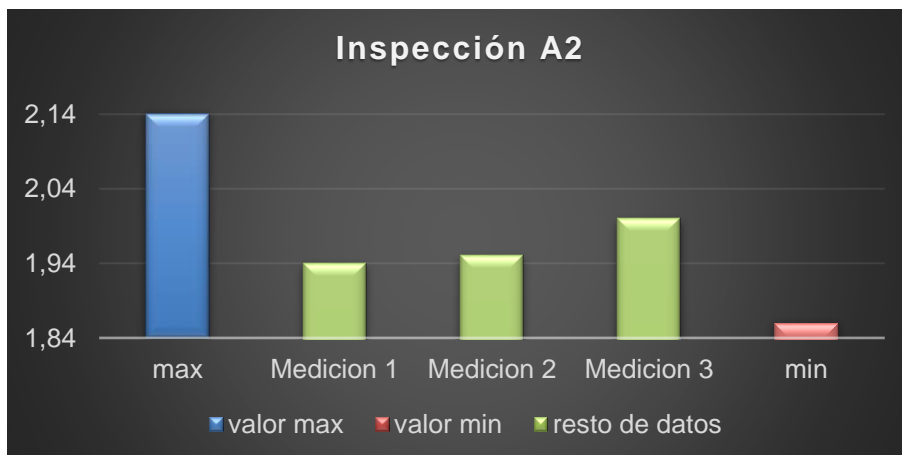


Figura 71. Promedio de espesor en el punto A2 (1.96).

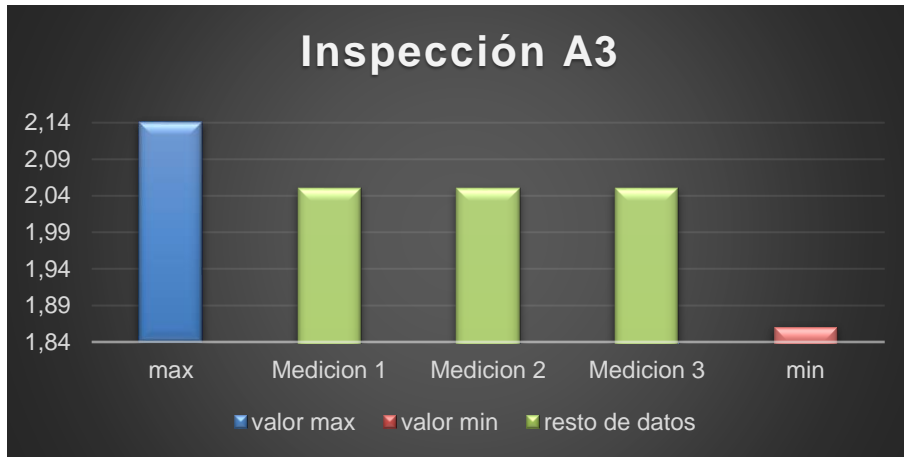


Figura 72. Promedio de espesor en el punto A3 (2.05).



Figura 73. Promedio de espesor en el punto A4 (2.01).

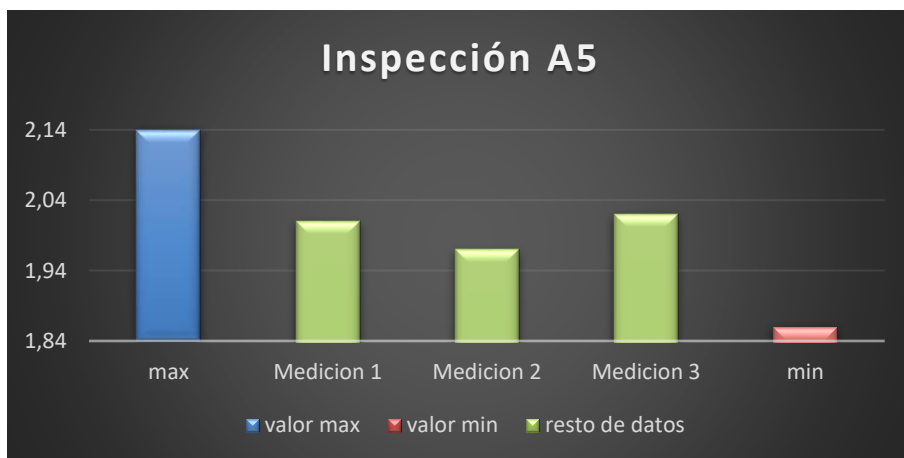


Figura 74. Promedio de espesor en el punto A5 (2.05).



Figura 75. Promedio de espesor en el punto B1 (1.55).

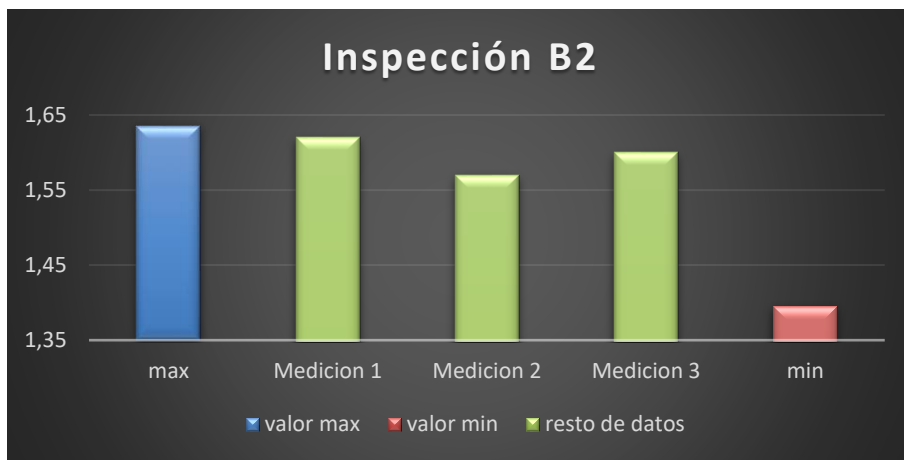


Figura 76. Promedio de espesor en el punto B2 (1.60).



Figura 77. Promedio de espesor en el punto B3 (1.56).

4.3. Inspección por Líquidos Penetrantes (PT).

Partiendo de los datos que se obtuvo en la simulación se procede a escoger dos puntos claves susceptibles a deformación, por cálculos la fuerza aplicada en el sistema de dirección en donde las manguetas ejercen una fuerza rotatoria, siendo el desplazamiento el mayor factor para determinar el ensayo en el punto número uno. Los resultados son los mismos para las dos manguetas por lo que se escoge solo una. Por otro lado, el segundo punto se encuentra en la parte derecha del eje posterior, ya que el peso del motor y las cargas de vibración ejercidas por el mismo denotan su susceptibilidad. A continuación, en la figura podemos observar los dos puntos a inspeccionar por PT.

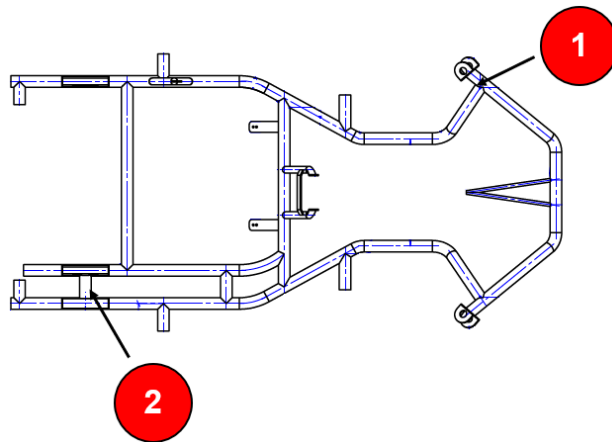


Figura 78. Distribución de puntos de evaluación

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero, 2018)

a) **Objetivo**

Establecer la metodología en la aplicación de líquidos penetrantes (Tipo II Método C, según ASTM E165) para la detección de discontinuidades superficiales como

porosidades, fisuras y laminaciones; durante y en la etapa final del proceso de soldadura evaluando las juntas de uniones soldadas.

b) Recursos

- Para la limpieza previa se utilizará removedor, alcohol o thinner.
- Penetrante removible con solvente.
- Removedor o solvente (alcohol, thinner)
- Reveladores tipo húmedo no acuoso

c) Requisitos generales

Los kits de líquidos penetrantes usados durante la presente inspección, deberán cumplir con los requerimientos y especificaciones determinadas por la ASTM E – 165.

d) Procedimiento de Inspección

• Acondicionamiento de la superficie previo a la examinación con penetrante

Consiste en eliminar de la zona a inspeccionar cualquier resto de contaminante (óxido, grasas, aceite, pintura, suciedad, etc.) que dificulte tanto la entrada del penetrante en las discontinuidades, como la posterior eliminación del líquido que quede en la superficie; generando indicaciones falsas. Las técnicas de limpieza recomendadas son:

- Con detergente
- Con disolvente
- Por medios mecánicos



Figura 79. Acondicionamiento de la superficie.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

- **Remoción de contaminantes en la superficie**
- Limpieza previa: el éxito de cualquier procedimiento de examinación de penetrantes depende en gran medida de que la superficie circundante se encuentre libre de cualquier contaminante (sólido o líquido) que podría interferir con el proceso.
- Secado post - limpieza: Es esencial que la superficie del área examinada esté completamente seca después de la limpieza.



Figura 80. Aplicación del penetrante.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

- **Aplicación del penetrante**

Después de que la superficie ha sido limpiada, secada, y esté adentro del rango de temperatura especificado (entre 10°C y 52°C), el penetrante podrá ser aplicado por rociado, manteniéndose a una distancia aproximada de 30cm de la superficie. Previamente se debe hacer una prueba fuera del área de inspección para comprobar la calidad del spray y controlar la velocidad de avance de la aplicación logrando que la superficie quede completamente cubierta y que no existan posibilidades de contaminación de líquido, por efectos del medio de aplicación utilizado.

Luego de la aplicación el tiempo de penetración mínimo será de cinco a diez minutos o lo especificado por el fabricante del producto.



Figura 81. Aplicación del removedor.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

- **Limpieza del exceso del penetrante**

Se efectuará con paños o papeles absorbentes que no dejen residuos sobre la superficie, se procurará por estos medios remover la mayor cantidad de líquido que sea posible para posteriormente efectuar una limpieza más prolija, utilizando paños o papeles levemente embebidos en solvente.

- **Secado de la superficie**

Para el secado de la superficie se deberá dejar secar a temperatura ambiente, la temperatura del mismo no deberá exceder de 50C.

- **Aplicación del revelador**

El revelador debe ser aplicado inmediatamente después del secado de las superficies. El método de aplicación del revelador será con rociadores presurizados previendo que la capa del revelador depositada sea fina y continua; y que la capa del revelador (húmedo no acuoso) llegue húmedo a la superficie.

El examen visual de las superficies se realizará por lo menos en dos oportunidades al momento de aplicar el revelador:

- De 5 a 10 minutos después de aplicarlo el revelador o lo indicado por el fabricante del producto.
- La iluminación adecuada para efectuar la interpretación de líquidos visibles con luz blanca es la luz natural, si se utiliza luz artificial hay que prever que la intensidad de la misma sea similar.



Figura 82. Aplicación del revelador.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

- **Examinación**

Los criterios de aceptabilidad y rechazo son los establecidos en el código AWS D1.1, Sección 6, Parte C, Párrafo 6.10.

Un informe completo de la inspección realizada se presentará al termino de todos los exámenes por Líquidos Penetrantes. Anexo B

- **Limpieza final**

Con la finalidad de eliminar excesos del penetrante y revelador que puedan interferir con procesos subsecuentes.

- **Análisis**

Luego de realizarse el ensayo con los instrumentos requeridos (penetrante, removedor y revelador), se puede visualizar en evidencia fotográfica (Figura 80, 81 y 82) que, la soldadura no presentó anomalía o coloración alguna como lo establecen las propiedades del revelador. Por ende, la tabla 18 presenta el reporte emitido por el centro de fomento productivo metalmecánico carroceros en el cual no se encontraron defectos en la soldadura según la norma AWS D1.1/DD1-1M-2010 *“La ASTM E165 se utilizará para la inspección de PT, junto con los estándares de aceptación y rechazo, Sección 6, Parte C”*.

Tabla 18
Evaluación de PT

Resultados de Evaluación		Normas Criterio de Aceptación		AWS D1.1/D1-1M-2010 Código de Soldadura Estructural			
Puntos de inspección		Dimensiones de las Indicaciones (mm)				Aprobación final	Comentarios finales
N.º Punto	Lugar de inspección	Indicación	∅ / Longitud	Longitud	Idóneo (Si/No)		
P1	A1	Mangueta delantera	-	-	Si	Aceptado	No se encuentran defectos de soldadura
P2	A2	Ninguna	-	-	Si	Aceptado	No se encuentran defectos de soldadura

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

4.4. Análisis por vibraciones

El Análisis por Vibraciones será realizado en el punto 1 (figura 83), donde está ubicado el motor del Go-Kart, ya que este ensayo es utilizado como técnica de diagnóstico en fallas de máquinas y estructuras. La ventaja es que se realiza el ensayo con la máquina funcionando, lo que se evita con ello es la pérdida de producción generada por una detención del equipo.

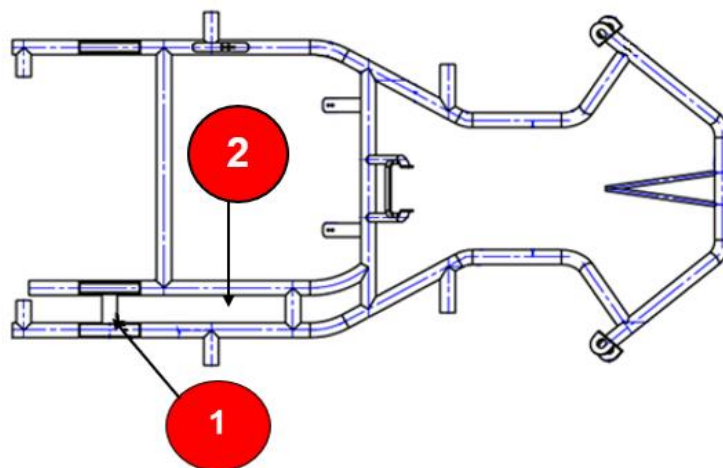


Figura 83. Punto de evaluación.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

a) Objetivo

Analizar los valores cuantitativos por el medidor de vibraciones PCE efectuados en la estructura por el Motor del Go-Kart con una potencia de hasta 5kw a 1300 y 1500 RPM.

b) Recursos

Se necesita un emisor y un receptor, para nuestro caso, el Go-Kart y el Medidor de vibraciones.

- **Medidor de vibraciones PCE**

El medidor de vibración de 4 canales, es apto para mediciones precisas dentro de un rango de frecuencia de 10 Hz hasta 1 KHz, la velocidad, aceleración y desplazamiento. (PCE, 2010)



Figura 84. Medidor de vibración PCE-VM 5000
Fuente: (PCE, 2010)

- **Sensor vibracional VB-83**

Es el accesorio del medidor con el cual se puede transmitir la lectura desde el punto de medición, tiene la forma de una sonda cuyas dimensiones son 16 x 37 milímetros de diámetro y una longitud de cable de 1.2 metros. (PCE, 2010)



Figura 85. Sensor de vibración VB-83
Fuente: (PCE, 2010)

c) Procedimiento

- **Preparación del instrumento.**

Conectar la sonda de vibración por medio del cable al medidor de vibración y encenderlo presionando la tecla de encendido por 3 segundos.

- **Calibración**

Seleccionar la unidad de pantalla deseada, asignando las unidades a la aceleración,

velocidad y desplazamiento en forma secuencial.

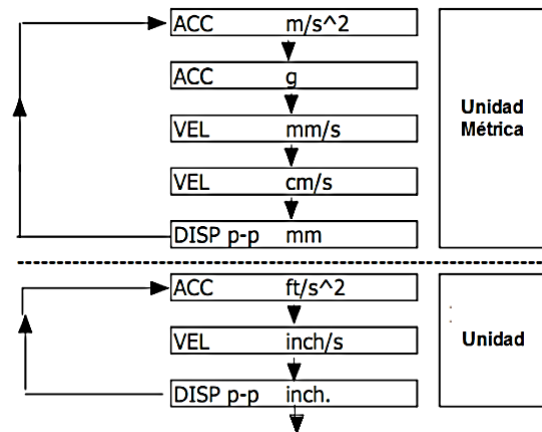


Figura 86. Diagrama de unidades
Fuente: (PCE, 2010)

- **Función**

Selección de la función deseada:

RMS: Mide el valor de la raíz cuadrada media (RMS)

Max HOLD: Mide y actualiza el valor pico máximo.

Peak: Mide el valor pico de vibración.

Procedimiento de Medición

Para realizar este procedimiento se necesita información sobre los parámetros como especificaciones del motor (tabla 19) y puntos donde se efectuará la medición (tabla 20), donde se ubica el acelerómetro en los tres ejes, vertical, horizontal y axial tanto en el

punto uno como en el punto dos.

- **Especificaciones del motor**

Tabla 19

Características del motor para análisis por vibraciones.

Especificaciones del motor	
Fabricante	Honda
Modelo	QBH
Potencia	5,2 Kw
Tipo de motor	4 tiempos mono cilíndrico
Torque nominal	13,2 Nm
Serie	GCBVT-1008619
Rpm (nominal)	4500
Cilindrada	196 Cm ³
Capacidad	2.0 litros

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

- **Puntos y direcciones de la medición.**

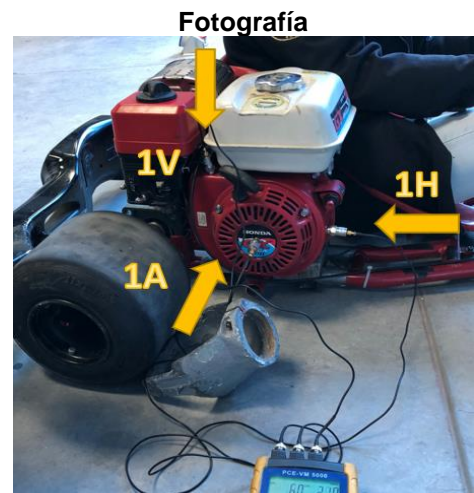
Tabla 20.

Puntos y direcciones de la medición

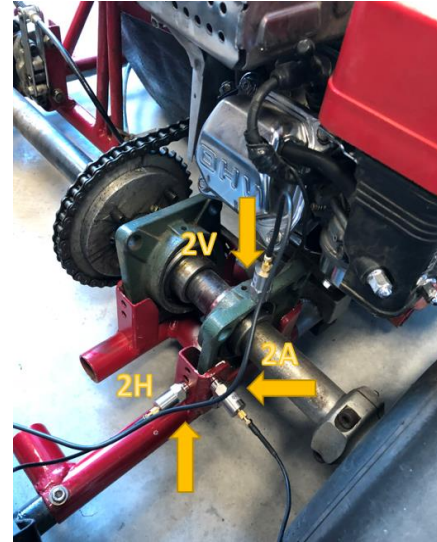
Definición de puntos

La medición del primer punto se efectuó en las zonas próximas a los descansos del motor, en sus tres direcciones vertical (V), horizontal (H) y axial (A).

De manera que se coloca en la parte más conveniente del operario siempre y cuando sea en el motor y congruente con los tres acelerómetros.



La medición del segundo punto se efectuó en las zonas próximas a los soportes del motor, en sus tres direcciones vertical (V), horizontal (H) y axial (A).



Observaciones: Los puntos señalados por las flechas indican el lugar donde fueron ubicados los acelerómetros.

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

d) Análisis

Según la norma ISO 2372: Vibración mecánica de máquinas con velocidades de operación de 100 a 200 rev/s, es aplicable para equipos rotativos cuyo rango de velocidad de giro está entre 600 y 12.000 RPM. Establece la metodología para el procedimiento de medición ubicando los acelerómetros en los tres ejes de dimensiones, horizontal, vertical y axial. En la siguiente tabla, se puede observar los datos reflejados por el medidor de vibraciones PCE, trabajando a 1300rpm y 1500rpm en dos puntos establecidos en sus ejes vertical, horizontal y axial.

Tabla 21*Resultados de mediciones por puntos y valores de RMS*

Puntos de Medición	Resultados de las Mediciones			
	1300 RPM		1500 RPM	
	Valor RMS Min. (mm/s)	Valor RMS Max. (mm/s)	Valor RMS Min. (mm/s)	Valor RMS Max. (mm/s)
1V	14.3	26.2	23.4	46.8
1H	13.1	16.5	21.9	53.0
1A	4.5	7.9	7.4	13.4
2V	13.6	21.4	18.6	59.8
2H	8.1	11.0	9.0	12.3
2A	6.7	11.5	11.6	16.8

Fuente: (Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero, 2018)

La prueba se realizó con el Go-Kart a ralentí en donde los puntos 1V, 1H y 1A, colocados en el motor, los mismos reflejan valores menores de RMS en comparación con los puntos 2V, 2H y 2A, ubicados en los soportes del rodamiento derecho. La diferencia de RPM es responsable en la variación de valores, a mayor rpm a ralentí el valor de RMS sube, estos medidores fueron situados en dos puntos estratégicos como se detalla en la tabla 20.

La siguiente tabla (22), categoriza la clase de máquinas según su nivel de vibración (Velocidad de RMS), bajo rangos establecidos. Máquinas pequeñas (Clase I), máquinas de tamaño medio (Clase II), máquinas grandes (Clase III) y máquinas turbo (Clase IV), donde cada Clase está definida por la potencia de las máquinas. A partir de los datos proporcionados por la tabla 19, comparando los datos con la tabla 2 de la norma ISO 2372, con la potencia del motor de 5.2kw denotado por el manual del fabricante, se establece que se encuentra dentro de la Clase I (Máquinas pequeñas con potencia menor a 15kw). La cual estipula que se encuentra dentro de los rangos de vibración severa pero no cumple el rango de satisfacción ya que se encuentra dentro de la sección D, con un valor promedio de:

- A 1300rpm Punto 1 (16.87) RMS y Punto 2 de (14.63) RMS.
- A 1500rpm Punto 2 (37.73) RMS y Punto 2 de (29.63) RMS.

Tabla 22

Rangos vibración severa

Rangos de vibración severa		Ejemplos de calidad por separación de clases			
Rango	Velocidad RMS (mm/s) en los límites de rango	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0,28	0,28	A	A	A	A
0,45	0,45				
0,71	0,71	B	A	A	A
1,12	1,12				
1,8	1,8	C	B	B	A
2,8	2,8				
4,5	4,5	D	C	B	B
7,1	7,1				
11,2	11,2	D	D	C	C
18	18				
28	28	D	D	D	D
45	45				
71	45				

A Buena

C Inatisfactoria

B Satisfactoria

D Inaceptable

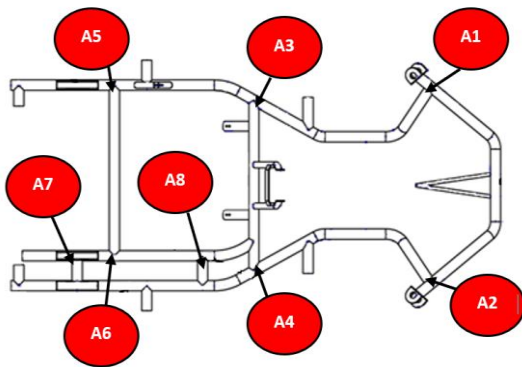
Fuente: (ISO-2372, 1974)

4.5. Análisis de datos

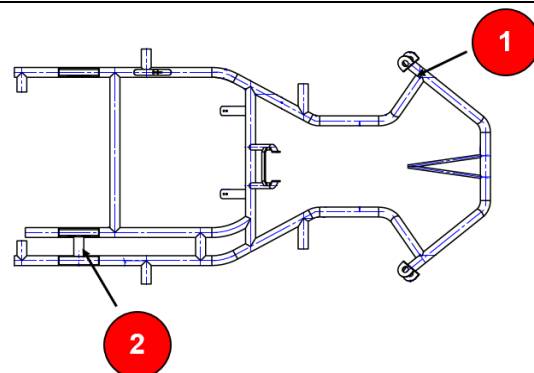
A continuación, se procede a corroborar los resultados obtenidos mediante una tabla comparativa con ensayos no destructivos. La primera tabla nos da un análisis de inspección visual y líquidos penetrantes, la segunda tabla entre medición de espesores por ultrasonido y análisis por vibraciones.

Tabla 23
Análisis por END de VT y PT

Inspección Visual (VT)



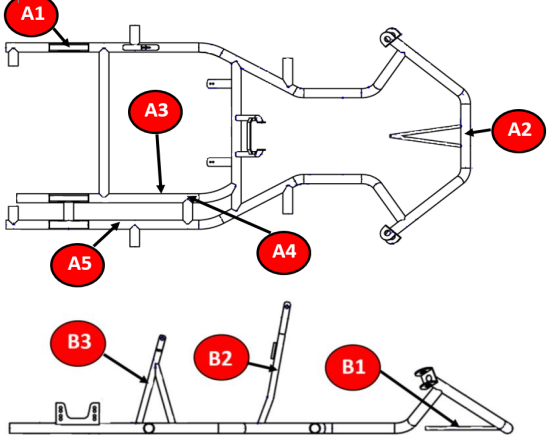
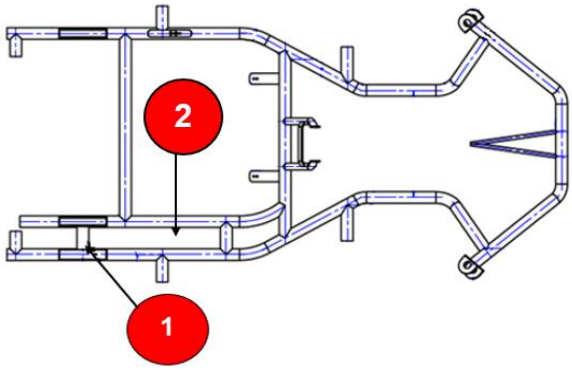
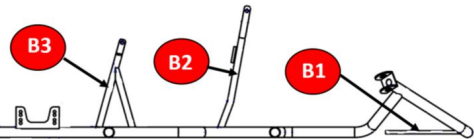
Líquidos Penetrantes (PT)



- En el ensayo por VT se inspeccionaron ocho puntos dentro de la estructura, en el ensayo por PT se inspeccionaron dos puntos dentro de la estructura.
- Se puede visualizar que en VT los puntos A1 y A7, y PT, punto uno y dos, donde coincide la información por VT, la soldadura tuvo óptima calidad de soldado y correctas condiciones de Voltaje y Amperaje.
- Los puntos en común, A1 y A7, Punto uno y dos, no presentan porosidad en la soldadura.
- El punto A1 en VT y Punto uno en PT coincide en medición por lo que en PT se escogió de un solo lado ya que la medición en las manguetas es similar.

Tabla 24

Análisis por END de UT y Análisis por Vibraciones.

Medición de Espesores por Ultrasonido (UT)	Análisis por Vibraciones
	
	
<ul style="list-style-type: none">• En el ensayo por UT se inspeccionaron ocho puntos, en tubos de 1 ¼ por 2mm de espesor, cinco puntos (A1, A2, A3, A4 y A5); en tubos de ¾ por 1.5mm de espesor, tres puntos (B1, B2 y B3). En análisis por vibraciones dos puntos, uno en el motor y otro en el bastidor.• Por coincidencia de ensayos el punto A4 en UT y punto uno en análisis por vibraciones son los mismos, en los cuales se usaron transductores.• El punto A4 en UT, coincidiendo con su espesor (1 ¼ por 2mm), fue de gran ayuda en el punto uno en análisis por vibraciones, ya que su correcta dimensión ayuda a la medición de RMS.• El punto A5 tiene un rango mínimo por eso en análisis por vibración se compara con el punto uno por el motor y punto dos por el viraje que ejerce la estructura.	

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Los puntos críticos determinados por simulación son los puntos A1 y A2 de la tabla 15, por su factor de seguridad bajo (3.4), ya que Mott recomienda para el diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas que debe ser mayor o igual a 4. Los puntos críticos determinados por ensayos no destructivos son los A1 y A2 (corroborando con la simulación) y el punto A7 determinado por vibración.
- Se obtuvo información bibliográfica necesaria sobre los componentes y características de un Go-Kart, sobre la disciplina Karting y como es la cuna del automovilismo profesional, los materiales para su construcción enfocándonos en lo más comercializado en el país.
- Se construyó el bastidor bajo homologaciones establecidas por la FIA-CIK (Longitud máxima 1820mm; Ancho máximo 1040mm; Altura máxima 600mm) junto con una hoja de procesos, que se parte de tubos doblados, en la cual se observa las juntas con la suelda MIG de cada parte del bastidor, obteniendo un peso total de 10kg en la estructura.
- Dentro de la inspección visual como primer ensayo no destructivo, los puntos de muestreo son A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8, denotadas mediante los planos. Se procedió a la Inspección sin necesidad de instrumentos de medición, solo criterios

de aceptación en donde no se observaron cordones de suelda con porosidad o malformaciones, factores que predominan en la aceptación de la suelda en la estructura.

- En los informes de Tintas Penetrantes se incluyó los parámetros relevantes que permitan verificar la correcta ejecución de la inspección. Todos los resultados obtenidos en la Tabla 18 cumplen con la norma AWS D1.1:2010 (*‘La aplicación de los reveladores no afectará los cordones de suelda siempre y cuando este se realice correctamente’*).
- En el reporte de inspección de la medición de espesores se establece que todos los elementos estructurales inspeccionados de acuerdo a la norma NTE INEN 2415 se encuentran conforme dimensionalmente. El espesor de los dos tubos utilizados ($\frac{3}{4}$ por 1.5 mm y $1 \frac{1}{4}$ por 2 mm) son los mismos en toda su estructura con 1.51mm y 2.05mm respectivamente, los cuales se encuentran dentro de la tolerancia según la norma (7%) para cada uno (0.105 y 0.14).
- Para establecer una evaluación acerca del análisis de vibraciones según la norma ISO-2372 se divide la máquina de acuerdo a su tamaño (potencia) con el tipo de máquina y su ensamblaje en la estructura. Un ensayo muy adecuado puesto que refleja los valores de vibraciones dentro de la estructura, la rigidez basada en su movimiento rotativo que se mide a ralenti, en nuestro caso a 1300rpm y 1500rpm. En el cual el punto uno da como resultado 15.75 RMS y el punto dos 33.68, que se encuentran dentro de los rangos de vibración severa pero no cumple el rango de satisfacción ya que se encuentra dentro de la sección D.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda obtener información sobre el peso de los componentes del Go-Kart, factor muy importante para los cálculos, ya que al aplicar las cargas presenta una variedad de análisis en simulación, refleja datos de cargas y susceptibilidad en cuanto a deformaciones.
- Utilizar el mayor valor de tensión y desplazamiento obtenido por medio de las combinaciones dadas por la norma para realizar la simulación, de esta manera será mayor la seguridad en el diseño al utilizar los valores máximos, la posible falla será la adecuada para el análisis de ensayos
- El uso de un software de simulación se ha vuelto en la actualidad algo sustancial dentro de un estudio de diseño, por esta razón es recomendable utilizar las versiones actuales de los mismos.
- El proceso de construcción tendrá un fuerte impacto en los resultados de los ensayos y su concordancia con los simulados, por consecuencia se recomienda realizar los trabajos de soldadura con precaución, evitando deformaciones causadas por el exceso de calor en la tubería, manteniendo un voltaje y amperaje adecuado.
- Para mejorar el rendimiento del vehículo se debe tomar en cuenta el peso de su estructura, componentes y piloto, también la relación de transmisión al ser un monoplaza con embrague centrifugo son parámetros fundamentales para su óptimo desempeño.
- Previo a realizar los ensayos mecánicos, es recomendable conseguir un

laboratorio completo en herramientas y equipos, también el personal capacitado para brindar un informe certificado de las pruebas a realizar.

- Para el manejo de equipos de medición se recomienda conocer su funcionamiento y funcionalidad, así como también la calibración en el caso de ser necesario.
- Al terminar la construcción se recomienda realizar los END de VT y PT ya que sería lo ideal para este tipo de ensayos no destructivos.
- Para END de VT y PT, se recomienda tener la superficie libre de impurezas y pintura, para esto la aplicación de un removedor será lo ideal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberto, N. B. (2012). *Diseño y construcción de un vehículo go-kart de estructura tubular mediante el empleo de un programa de análisis por elementos finitos*. Latacunga, Cotopaxi: Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Amado, J. (13 de Septiembre de 2014). *arcoindustrial.wordpress*. Recuperado el 14 de Abril de 2018, de Arco Industrial: <https://arcoindustrial.wordpress.com/2014/09/13/guia-de-herramientas-y-tecnicas-para-el-inspector-visual-de-soldaduras/>
- ASCE-7. (2002). *Minimum Design Loads For Buildings and Other Structures*. Estados Unidos: American Society Of Civil Engineers.
- ASTM E:165-02. (2002). *Método de Ensayo Normalizado para Inspección por Líquidos Penetrantes*. Washington: ASTM.
- ASTM E1220-99. (1999). *Standard Test Method for Visible Penetrant Examination Using Solvent-Removable Process*. Washington: ASTM.
- ASTM E433-71. (2008). *Standard Reference Photographs for Liquid Penetrant Inspection*. Washington: Autor - Editor.
- AWS B1.10M/B1.10. (2009). *Guide for the Nondestructive Examination of Welds*. Miami: Autor - Editor.
- AWS D1.1/D1.1M. (2004). *Structural Welding Code - Steel*. Miami: Autor - Editor.
- Capote, V. (2011). *Ensayos Destructivos Metalúrgicos*. Andalucía: Feandalucía S.A.
- Carmona, C. (2013). *LA RADIOGRAFIA COMO METODO DE CONTROL DE SOLDADURAS*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero. (2018). *Informe END*

Inspección de Medición de Espesores por Ultrasonido. Ambato: Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua.

Equipo de Profesores del Centro de Documentacion. (2009). *Carrocerías y bastidores.*

Recuperado el 03 de Febrero de 2018, de https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/304/TEMA%20MUESTRA.pdf

FIA, C. (14 de Agosto de 2011). *maranellokart.com.* Recuperado el 16 de Mayo de 2018,

de [maranellokart.com](http://www.maranellokart.com):
<http://www.maranellokart.com/sites/maranellokart.com/files/RS12.pdf>

FIA-Homologations. (24 de Septiembre de 2010). *maranellokart.com.* Recuperado el 28

de Marzo de 2018, de [maranellokart.com](https://www.maranellokart.com/en/homologations):
<https://www.maranellokart.com/en/homologations>

Flores, J. (2015). *Sistemas de Transmisión Mecánica.* La Paz: Autor - Editor.

Gonzalez, L. (22 de Enero de 2017). *Ensayo de Compresión y Tracción.* Recuperado el

06 de Febrero de 2018, de [slideshare.net](https://es.slideshare.net/leodel2424/ensayo-de-compresin-y-traccin):
<https://es.slideshare.net/leodel2424/ensayo-de-compresin-y-traccin>

Grupo GAES. (2015). Recuperado el 12 de Enero de 2018, de [grupogaes](http://www.grupogaes.com):

<http://www.grupogaes.com/productos/transmision/pi%C3%B1ones-de-cadenas-de-transmision.html>

Herramientas, D. M. (26 de Julio de 2014). *demaquinasyherramientas.com.* Recuperado

el 01 de Abril de 2018, de [demaquinasyherramientas.com](http://www.demaquinasyherramientas.com):
<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/medidor-de-espesor-por-ultrasonido>

ILOG SA de CV. (2011). *Principios de inspección por Partículas Magnética.* Recuperado

el 14 de Marzo de 2018, de [logsa.m](http://www.llogsa.mx/yugos-magneticos/): <http://www.llogsa.mx/yugos-magneticos/>

INEN 2415. (2008). *NTE INEN 2415*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

INEN2313. (2009). *INEN2313*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

ingemecanica. (2011). *ingemecanica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>

ISO-2372. (1974). *Vibración de Máquinas Mecánicas con Velocidades de Operación*. Suiza: ISO.

J. Abad, L. C. (2003). Materiales Compuestos I. En L. C. J. Abad, *Materiales Compuestos I* (págs. 597 - 685). Zaragoza: MATCOMP'03.

Lera, C. (27 de Octubre de 2015). *Motofichas*. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de [motofichas.com: https://www.motofichas.com/reportajes/2381-todo-sobre-la-cadena-de-la-moto-engrase-tensado-limpieza-y-cambio](https://www.motofichas.com/reportajes/2381-todo-sobre-la-cadena-de-la-moto-engrase-tensado-limpieza-y-cambio)

Motor Giga. (2013). *MOTOR GIGA*. Recuperado el 20 de Enero de 2018, de <https://diccionario.motorgiga.com/bastidor>

Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. México D.F.: Pearson.

Novacero. (2016). Tubo Estructural. *Catalogo de Producto*, 52.

NTE INEN 1323. (2009). *Vehículos Automotores. Carrocerías de Buses. Requisitos*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

OLYMPUS. (17 de Octubre de 2010). *OLYMPUS Corporation*. Recuperado el 26 de Marzo de 2018, de <https://www.olympus-ims.com/es/45mg/#!>

Otero. (2018). *Planchas de Acero Carbono*. Santiago: Otero.

PCE. (22 de 9 de 2010). *PCE-IBERICA*. Recuperado el 12 de Abril de 2018, de <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-vibracion/medidor-vibracion-tv300.htm>

Perez, M. (2014). *Comparación de la adaptación marginal en cofias de zirconio utilizando*

- dos técnicas: CAD/CAM y Pantográfico. Quito: Universidad Politecnica Salesiana.
- RFEDA. (2018). *Real Federación Española de Automovilismo*. Recuperado el 21 de Febrero de 2018, de [://www.rfeda.es/prensa-noticias/-/asset_publisher/jPBP876Yk7Eu/content/cik-fia-karting-le-mans-final](http://www.rfeda.es/prensa-noticias/-/asset_publisher/jPBP876Yk7Eu/content/cik-fia-karting-le-mans-final)
- Rojas, O., & Rojas, L. (2006). Diseño asistido por computador. *Diseño y Tecnología*, 9.
- Rotax Kart. (s.f.). *Rotax Karting BRP*. Recuperado el 05 de Enero de 2018, de <https://www.rotax-kart.com/es/Productos/MOJO/12-MOJO-D2>
- Rotax Powertrains. (2018). *ROTAX POWERTRAINS*. Recuperado el 12 de febrero de 2018, de <https://www.rotax.com/es/productos/rotax-powertrains/detalles/rotax-125-max-dd2-evo.html>
- Salazar, F. (2011). *Análisis de un Kart de competición y de sus componentes*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Santín, E. (2013). *Diseño y construcción de un Kart según las Normas CK/FIA*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- SKF. (2018). *Rodamientos de apoyo para ejes de transmisión*. Recuperado el 12 de Febrero de 2018, de [skf.com: http://www.skf.com/mx/products/vehicle-aftermarket/automotive/drivetrain/driveshaft-support-bearings/index.html](http://www.skf.com/mx/products/vehicle-aftermarket/automotive/drivetrain/driveshaft-support-bearings/index.html)
- Software CAD. (15 de Marzo de 2015). *Introducción al CAE*. EEUU: Designe Books. Recuperado el 18 de Marzo de 2018
- SolidWorks2011. (2011). *Sesiones prácticas de SolidWorks Simulation*. Massachusetts: Donostiarra S.A.
- Superkart. (2011). *Super Kart SK*. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de <http://www.superkart.it/frenos/tubos-de-freno-y-empalmes>
- TODO MECANICA*. (03 de OCTUBRE de 2016). Recuperado el 10 de Febrero de 2018,

de <http://www.todomecanica.com/blog/241-el-bastidor-de-un-vehiculo.html>

TONY KART. (2016). *Tony Kart Argentina*. Recuperado el 24 de Marzo de 2018, de <http://tonykart.com.ar/ficha-chasis.html>

TONY KART. (2018). *Tony Kart*. Recuperado el 21 de Marzo de 2018, de <https://www.tonykart.com/telai-racer-401S.php>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **CRISTIAN OMAR GARCÉS ESPINOZA** y **JUAN FRANCISCO CEVALLOS MIÑO**

En la ciudad de Latacunga, a los **10 días del mes de diciembre del 2018**.


ING. MAURICIO CRUZ
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:


ING. DANILO ZAMBRANO
DIRECTOR DE CARRERA


ABG. DARWIN ALBAN YÁÑEZ
SECRETARIO ACADÉMICO

